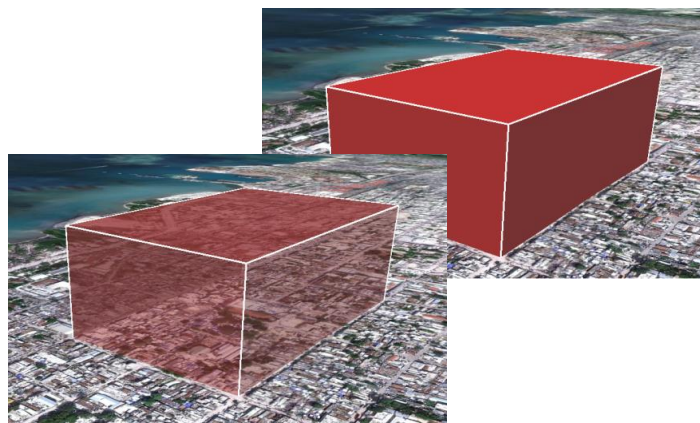


BACHELORARBEIT

Möglichkeiten der 3D-Visualisierung von Erdbebenschadensanalysen

Anja Meyer

Juli 2012



Betreuer:

Prof. Dr. Reiner Buzin, Fakultät für Geoinformation

Dr. Tobias Schneiderhan und Robin Nitsche, DLR Oberpfaffenhofen



Angefertigt am DLR im ZKI (Service des DFD) in Oberpfaffenhofen

Autorenreferat

Möglichkeiten der 3D-Visualisierung von Erdbebenschadensanalysen

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit ist die Untersuchung von Methoden und Anwendungen im Bezug auf Ihre Eignung zur schnellen und effizienten dreidimensionalen Visualisierung von Erdbebenschäden. Diese Methoden wurden an einem vorgegebenen Testszenario geprüft, das sich an dem realen Erdbebenereignis von 2010 in Port-au-Prince orientiert und wofür hochauflösende, optische Daten des Satelliten GeoEye vorlagen.

Die untersuchten Anwendungsprogramme ergaben sich zunächst aus dem dieser Arbeit vorgelagerten Studentenprojektes zum Thema „*Visualisierung von Natur- und Umweltkatastrophen mit Hilfe von Fernerkundung und Geoinformationssystemen (GIS)*“. In diesem wurde das Programm ArcGIS mit der Extension ArcScene des Softwareherstellers ESRI (Environmental System Research Institute) als potentiell geeignet im Sinne der Aufgabenstellung identifiziert. Weiterhin wurden nach einer allgemeinen Recherche die ArcGIS-Extension ArcGlobe, die Anwendung Google Earth sowie die beiden Internetkartendienste OpenStreetMap und Bing Maps als zur Untersuchung geeignete Anwendungen hinzugezogen. Dabei ergaben sich im Verlauf der Arbeit auf Grund der unterschiedlichen Programmspezifika abweichende Untersuchungsdetaillierungen der einzelnen Anwendungen.

Die Ergebnisse der Arbeit wurden abschließend diskutiert und zusammengefasst. Dabei stellte sich die generelle Eignung einiger weniger Programmsysteme heraus. Diese Systeme unterscheiden sich jedoch noch signifikant im Bezug auf die unterstützten Werkzeuge und Darstellungsvarianten. Weiterhin ergaben sich bei Variation der zahlreichen Darstellungsparameter deutliche Unterschiede in der visuellen Ergebnisqualität. Diese Unterschiede wurden innerhalb der Arbeit an mehreren exemplarischen Beispielen aufgezeigt.

Die Arbeit wurde als Kooperation zwischen der Hochschule München, Fakultät für Geoinformation und dem Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) am DLR Oberpfaffenhofen durchgeführt. Ein Arbeitsplatz stand zur Verfügung.

Inhalt

1. EINFÜHRUNG	5
1.1 NATURKATASTROPHEN UND KATASTROPHENSCHUTZ	5
1.2 INFORMATIONSBEREITSTELLUNG IM KRISENFALL	7
1.3 MOTIVATION UND ZIELE DER ARBEIT	10
2. STAND DES WISSENS	11
2.1 ERDBEBENEREIGNISSE	11
2.2 SATELLITENDATENAQUISE	14
2.3 ZWEIDIMENSIONALE VISUALISIERUNG VON GEODATEN	16
2.4 DREIDIMENSIONALE VISUALISIERUNG VON GEODATEN	18
3. UNTERSUCHTE METHODEN	22
3.1 AUFGABENSTELLUNG UND TESTGEBIET	22
3.2 VISUALISIERUNGSMÖGLICHKEITEN MIT ARCGIS	23
3.2.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche	23
3.2.2 Vorgehensweise zur Erstellung einer Krisenkarte	27
3.2.3 3D-Visualisierungsmöglichkeiten der 2D-Krisenkarte	30
3.2.4 Visualisierungsparameter und Ihre Auswirkungen in Krisenkarten	33
3.3 VIRTUELLE FLÜGE	41
3.3.1 Nutzung Virtueller Flüge in ArcScene und ArcGlobe	41
3.4 DER VIRTUELLE GLOBUS VON ESRI – ARCGIS-EXPLORER	44
3.4.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche	44
3.4.2 3D-Visualisierung mit ArcGIS-Explorer	45
3.5 VISUALISIERUNGSMÖGLICHKEITEN MIT GOOGLE EARTH	46
3.5.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche	46
3.5.2 Vorgehensweise zur Erstellung einer Krisenkarte	49
3.5.4 Visualisierungsparameter und Ihre Auswirkungen in Krisenkarten	52
3.6 VIRTUELLE FLÜGE	56
3.6.1 Nutzung Virtueller Flüge in Google Earth	56

3.7	VISUALISIERUNGSMÖGLICHKEITEN MITTELS INTERNETKARTENDIENSTE	57
3.7.1	OpenStreetMap	57
3.7.2	Mircosoft Bing Maps	61
4	DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	63
4.1	METHODEN UND ERGEBNISVERGLEICH	63
4.1.1	Allgemeine Spezifika ArcScene / ArcGlobe	63
4.1.2	Allgemeine Spezifika Google Earth	69
5.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	74
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	75
	TABELLENVERZEICHNIS	76
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	77
	LITERATURVERZEICHNIS	79
	INTERNETQUELLEN.....	81
	ERKLÄRUNG.....	83

1. Einführung

1.1 Naturkatastrophen und Katastrophenschutz

Im Januar 2010 erschütterte ein verheerendes Erdbeben Port-au-Prince, die Hauptstadt Haitis. Innerhalb von Minuten wurden große Teile der Stadt zerstört, unzählige Menschen getötet, verletzt und obdachlos. Dieses Ereignis von Port-au-Prince zeigt eindringlich, welche katastrophalen Auswirkungen Naturkatastrophen anrichten können. Heutzutage werden als Naturkatastrophen üblicherweise derartige Vorgänge bezeichnet, welche einen gewissen Schwellwert an verletzten oder getöteten Personen beziehungsweise eine bestimmte wirtschaftliche Schadenshöhe überschreiten. Eine exakte wissenschaftliche Definition des Begriffes existiert bis heute nicht, jedoch lässt sich eine qualitative Umgrenzung anhand der Auswirkungen auf den Menschen und sein Gesellschaftssystem vornehmen. So beschreibt etwa die Abteilung für humanitäre Angelegenheiten der Vereinten Nationen den Begriff als *„[...] ein Ereignis, in Raum und Zeit konzentriert, bei dem eine Gesellschaft einer schweren Gefährdung unterzogen wird und derartige Verluste an Menschenleben oder materielle Schäden erleidet, dass die lokale gesellschaftliche Struktur versagt und alle oder einige wesentlichen Funktionen der Gesellschaft nicht mehr erfüllt werden können“* [PLAPP, 2003, S. 63]. Die laufende Risikostatistik der Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft zählt beispielsweise weltweit circa 400 große Naturkatastrophen seit dem Jahre 1950, wobei derartige Zahlen selbstverständlich stets von dem zugrundegelegten Bewertungskriterium abhängen [MÜNCHENER-RÜCK].

Naturkatastrophen werden üblicherweise gemäß ihrem physikalischen Wirkmechanismus in verschiedene Klassen eingeteilt, wobei hier in der Regel eine Aufteilung in tektonische, gravitatorische, klimatische und weitere Ursachen erfolgt. Unter dem Überbegriff tektonische Ursachen werden alle durch endogene Faktoren im Erdinneren hervorgerufenen Ereignisse wie beispielsweise Erdbeben, Vulkanausbrüche oder Tsunamis subsummiert. Unter gravitatorischen Ursachen versteht man durch die Erdanziehungskraft ausgelöste Massenbewegungen, wie Erdrutsche oder Lawinenabgänge. Klimatische Ursachen beinhalten das weite Feld der meteorologischen Extremereignisse mit starken Abweichungen einzelner

Wetterphänomene vom langjährigen Mittel. Übliche Katastrophenauslöser sind hier etwa Spitzenregenereignisse oder ungewöhnlich hohe Windgeschwindigkeiten. Den oben genannten Ursachen nicht zuordenbare Ereignisse werden in der Klasse der weiteren Ursachen erfasst [vgl. MÖBIUS, 2011, vgl. DIE-ERDE-WEBSEITE].

Die genannten Katastrophenereignisse treten typischerweise je nach Region in unterschiedlichen Häufigkeiten auf. Abbildung 1 zeigt die weltweite Häufigkeitsverteilung aller 2010 von der Allianz AG erfassten Naturkatastrophen [STATISTA-WEBSEITE / Quelle Allianz].

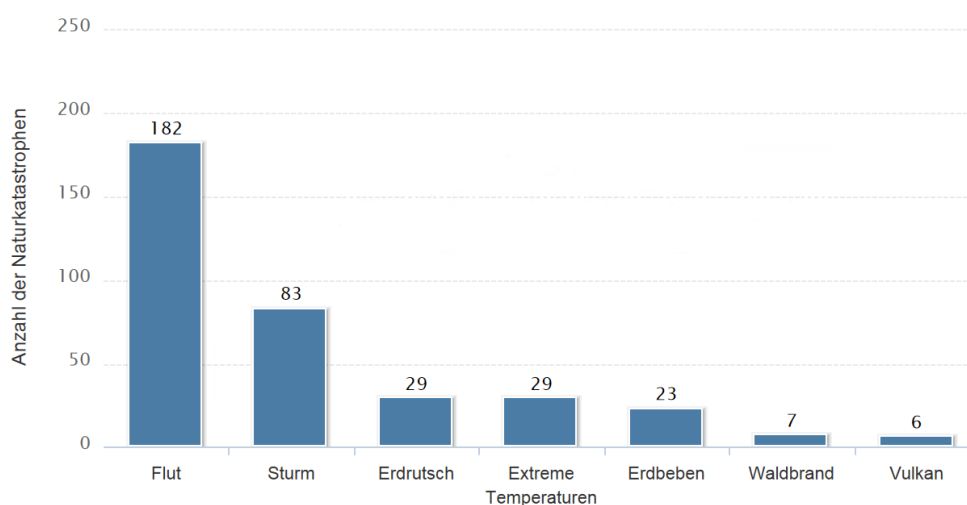


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung Naturkatastrophen [STATISTA-WEBSEITE / Quelle Allianz]

Diese verschiedenen Katastrophenereignisse führen zu völlig unterschiedlichen Bedrohungsszenarien für die lokale Bevölkerung sowie zu jeweils spezifischen Schadensbildern. Dementsprechend unterschiedlich müssen die jeweilige Bewertungen der Verwundbarkeit beziehungsweise des Katastrophenrisikos, sowie die Vorbereitung der Schutz- und Hilfsmaßnahmen für den Katastrophenfall erfolgen.

Zur Eindämmung von Katastrophenrisiken sowie zur Bewältigung von Katastrophenereignissen haben die meisten Staaten eigene Strukturen aufgebaut, die unter dem Begriff Katastrophenschutz zusammengefasst werden. In Deutschland versteht man darunter das koordinierte Zusammenwirken der planenden und steuernden Behörden (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Innenministerien der Länder beziehungsweise Landratsämter auf der unteren Ebene) mit den im Krisenfall eingesetzten öffentlichen Reaktionskräften, wie Technisches

Hilfswerk (THW), Bundeswehr und Feuerwehr, sowie den privatrechtliche organisierten Verbänden, wie dem Roten Kreuz. Für einen gezielten und wirksamen Einsatz dieser Kräfte im Krisenfall ist insbesondere eine schnelle und möglichst genaue Bereitstellung von Informationen zu Art, Lage und Ausmaß des jeweiligen Katastrophenereignisses von entscheidender Bedeutung [BBK-WEBSEITE].

1.2 Informationsbereitstellung im Krisenfall

Die genannte Bereitstellung der relevanten Informationen ist international äußerst heterogen organisiert und einem steten Wandel unterworfen. In den letzten Jahrzehnten hat sich insbesondere die Auswertung von Satellitenbilddaten zur Analyse von Schadensbildern und Schadensumfang neben den herkömmlichen Vorgehensweisen, wie Luftbildauswertung oder Vororterkundung, als Methodik zur schnellen Informationsgewinnung etabliert. Neben dieser, vor allem für das akute Katastrophenmanagement wichtigen Schadenskartierung, unterstützt die Auswertung von Fernerkundungsdaten noch eine Vielzahl von weiteren Anwendungen bei der Vorbeugung und Bewältigung von Katastrophenereignissen.

Das unten dargestellte Bild 2 zeigt eine schematische Darstellung der jeweiligen Phasen vor, während und nach dem Eintreten eines Katastrophenereignisses, in Form eines sogenannten Krisenkreislaufes.

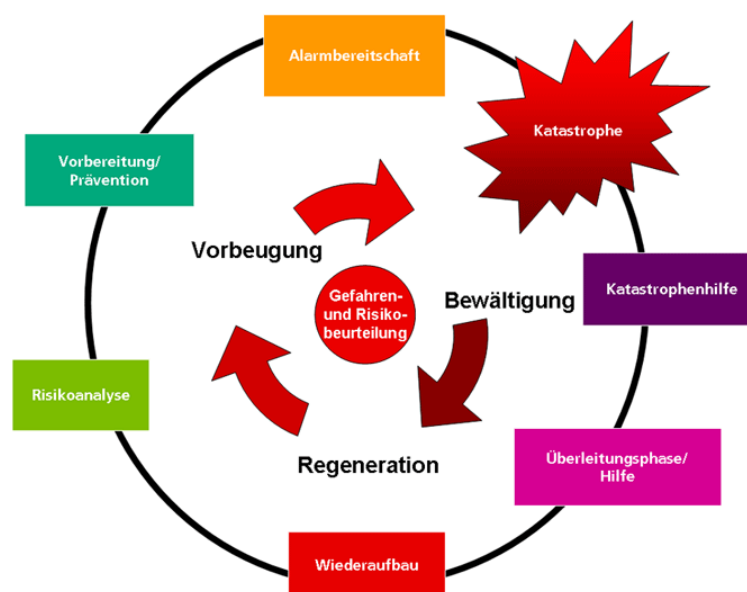


Abb. 2: Krisenkreislauf [DLR WEBSEITE_1]

Fernerkundungsdaten können demzufolge also sowohl zur Erfassung und Bewertung von Risikogebieten, zur Planung vorbeugender Maßnahmen als auch zur Steuerung von Soforthilfemaßnahmen und zur längerfristigen Überwachung des Wiederaufbaufortschrittes herangezogen werden. Die Gewinnung und Aufbereitung derartiger Fernerkundungsdaten als Basis für die oben genannten Anwendungen, stellt demzufolge ein zentrales Interesse zahlreicher staatlicher und privatrechtlich organisierter Einrichtungen dar. Zur Erfüllung dieses Interesses bedienen sich diese Einrichtungen in der Regel bei spezialisierten Dienstleistern, welche die professionelle Datenbereitstellung umsetzen.

Einer der wichtigsten Dienstleister im Bereich „Schnelle Kartierung“ in Deutschland ist das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI), ein Service des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) am DLR. Dieses stellt weltweit verschiedene, auf die jeweiligen Nutzerbedürfnisse zugeschnittene Satellitenbildkarten, von Naturkatastrophen betroffener Regionen bereit.

Wesentliche Faktoren hierbei sind zum einen die Geschwindigkeit der Datenaufbereitung und Bereitstellung sowie die jeweils bestmögliche qualitative und quantitative Anpassung der Informationsbereitstellung an die speziellen Erfordernisse des jeweiligen Anwenders. Zur Umsetzung der schnellen Datenaufbereitung und Bereitstellung betreibt das ZKI einen 24/7 Dienst, welcher zu jedem beliebigen Zeitpunkt Schnellkartierungen von geographisch beliebig lokalisierten Katastrophengebieten umsetzen kann. Die bestmögliche qualitative und quantitative Anpassung der Informationsbereitstellung wird auch in Zusammenarbeit mit externen Partnern aus Forschung und Industrie, durch eine stetige Weiterentwicklung von genutzten Methoden und bereitgestellten Produkten laufend optimiert.

Das unten dargestellte Bild 3 zeigt schematisch die wesentlichen von dieser Weiterentwicklung betroffenen Prozessschritte im Ablauf einer Krisenkartierung.

Dabei hängen die jeweils genutzten Methoden in großem Maße von der Art des Katastrophenereignisses und der jeweiligen Nutzergruppe ab. Die im Zuge dieser Arbeit untersuchte Fragestellung ist an der Schnittstelle zwischen Informationsanalyse und Kartenerstellung für den Prozess der Schnellschadenskartierung von Erdbebengebieten angesiedelt.

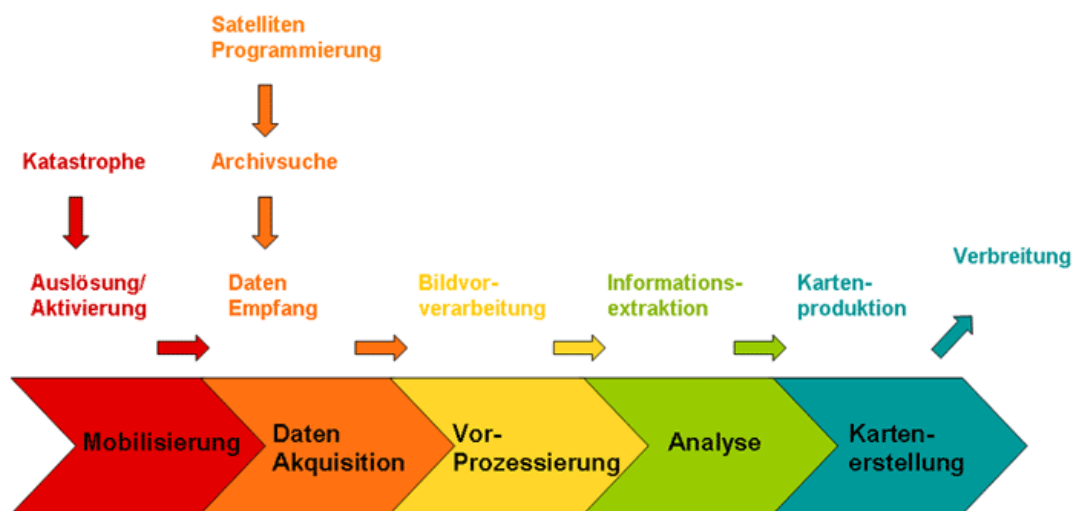


Abb. 3: Prozesskette Krisenkartierung [DLR WEBSEITE_2]

1.3 Motivation und Ziele der Arbeit

Wie bereits oben erwähnt, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Entwicklung von Methoden zur schnellen und effizienten Generierung beziehungsweise Darstellung von Erdbebenschäden auf Basis von Satellitenbilddaten in 3D. Die Arbeit stellt dabei die Fortsetzung eines in Kooperation des ZKI mit der Hochschule München, Fakultät für Geoinformation, durchgeführten Studienprojektes zum Thema „*Visualisierung von Natur- und Umweltkatastrophen mit Hilfe von Fernerkundung und GIS*“ dar. Als wesentliches Leitziel der Arbeit wurde die Untersuchung verschiedener Software-Anwendungen in Bezug auf Ihre Eignung zur Schnellschadenskartierung von Erdbebenereignissen definiert. Im Speziellen sollte dabei auf die Möglichkeiten und visuellen Ergebnisse von dreidimensionalen, intuitiv erfassbaren Darstellungen nutzerrelevanter Schadensattribute eingegangen werden.

Als Hintergrundinformation sei erwähnt, dass die Bereitstellung von Krisenkarten unterschiedlichster Naturkatastrophen im ZKI derzeit in zweidimensionaler Darstellungsform erfolgt. Die Kräfte der verschiedenen Hilfsorganisationen haben ab und an gewisse Schwierigkeiten beim Verständnis und der Interpretation zweidimensionaler Ansichten eines Katastrophengebiets. Gerade die Darstellung von Erdbebenschäden in der Fläche, die Bebauungsdichte des Katastrophengebietes, sowie die Schadensintensität der Erdbebenkatastrophe stellen eine besondere Herausforderung dar. Aus diesem Anlass entstand die Diskussion, Schadensgebiete und Schadensinformationen zukünftig dreidimensional zu visualisieren. Da in diesem Bereich noch keine standardisierten Methoden und Anwendungen existieren, sollte im Zuge der vorliegenden Bachelorarbeit die Evaluation von verschiedenen Möglichkeiten der dreidimensionalen Visualisierung durchgeführt werden.

Dazu wird in Kapitel 2 zunächst ein allgemeiner Überblick zum aktuellen Stand der Technik im Bereich Erfassung, Aufbereitung, Analyse und Darstellung von Erdbebenschäden auf Satellitenbildbasis gegeben. Daran schließt sich als Hauptteil der Arbeit in Kapitel 3 eine explizite Darstellung der untersuchten Anwendungen und Methoden mit ihren jeweiligen, im Zuge der Arbeit festgestellten, spezifischen Besonderheiten an. Abschließend werden in Kapitel 4 die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung zusammengestellt. Dabei werden insbesondere die einzelnen Vor- und Nachteile der Methoden im Hinblick auf Ihre Eignung zur Erfüllung der genannten Aufgabenstellung betrachtet.

2. Stand des Wissens

2.1 Erdbebenereignisse

Aufgrund des hohen Schadenpotenzials für Mensch und Infrastruktur stellt das Erbeben eine der verheerendsten Naturkatastrophen dar. Ein Erdbeben ist definiert als natürlich vorkommende Erschütterung der Erdkruste und des oberen Erdmantels. Diese Erschütterungen können von leichtem Vibrieren bis zu starken Stoßwellen mit Aufreißen großer Bodenspalten und schweren Infrastrukturschädigungen reichen. Erdbeben werden am häufigsten durch plattentektonische Aktivitäten in der Erdkruste beziehungsweise dem oberen Erdmandel verursacht. Übersteigt dort der durch die endogene Dynamik der Krustenplatten hervorgerufene mechanische Spannungszustand einen spezifischen Schwellwert, so kommt es zu einer schlagartigen, mit hohen Bewegungsamplituden verbundenen Druckentlastung, welche letztlich das Erdbeben auslöst. Weitere, allerdings seltenere Erdbebenauslöser, sind etwa vulkanische Aktivitäten, Einsturz oder Absenkung unterirdischer Hohlräume sowie Erdrutsche und Sprengungen [vgl. DOWNS, 2008].

Der Ort der Erdbebenentstehung wird als Hypozentrum bezeichnet, der dem Hypozentrum am nächsten gelegene Punkt auf der Erdoberfläche als Epizentrum. Bei der Entstehung eines Erdbebens breiten sich sogenannte seismische Wellen mit einer bestimmten, vom Entstehungstyp abhängigen Abstrahlcharakteristik, vom Hypozentrum in alle Richtungen bis zur Oberfläche aus. Es werden dabei verschiedene Typen von Erdbebenwellen unterschieden, wobei die oberflächennahen Wellen das größte Zerstörungspotential beinhalten und aus einem Erdbeben eine Naturkatastrophe machen [vgl. GOUDIE, 2002].

Zur Definition der Erdbebenstärke wurden verschiedene Skalen entwickelt. Im Wesentlichen werden stets zwei unterschiedliche primäre Messgrößen bewertet, die Magnitude und Intensität. Die Magnitude ist dabei ein Maß für die absolute abgestrahlte mechanische Energie eines Erdbebenereignisses, die Intensität beschreibt auf qualitative Art und Weise, die von Lage und beispielsweise baulichen Gegebenheiten abhängigen Auswirkungen des Erdbebenereignisses auf Mensch und Natur [vgl. GOUDIE, 2002, vgl. EDB-WEBSEITE].

]

Die beiden gebräuchlichsten Skalen sind in folgender Tabelle 1 dargestellt. Die modifizierte Mercalli-Skala wird üblicherweise im amerikanischen Sprachraum herangezogen, in Europa nutzt man in der Regel die Richter-Skala, welche die Magnitude eines Erdbebens auf eine logarithmische Skala abbildet [vgl. GOUDIE, 2002].

	Mercalli-Skala	Charakteristische Effekte	Richter-Skala Stärke
I	messbar	nur mit Seismographen messbar	3,5 – 4,2
II	schwach	von empfindlichen Menschen wahrnehmbar	
III	gering	vergleichbar mit Vibrationen von LKWs; wahrnehmbar von ruhenden Menschen, besonders in höheren Stockwerken	
IV	mittel	wahrnehmbar von gehenden Menschen; auch stehende Gegenstände wackeln	4,3 – 4,8
V	ziemlich stark	allgemein wahrnehmbar; Erwachen der meisten Schlafenden; Glocken läuten	
VI	stark	Bäume schwanken und alles Hängende schwingt; Herunterfallen von einzelnen Dingen	4,9 – 5,4
VII	sehr stark	allgemeiner Alarm; Mauern brechen; Putz fällt ab	5,5 – 6,6
VIII	zerstörerisch	Autofahrer werden stark behindert; Schornsteine kippen; schlechte Bausubstanz wird beschädigt	6,2 – 6,9
IX	vernichtend	Einsturz von Häusern; Erdspalten brechen auf	
X	verheerend	große Erdspalten; viele Gebäude zerstört; Eisenbahnlinien werden unterbrochen; Erdrutsche an steilen Hängen	7 - 7,3
XI	sehr verheerend	nur wenige Gebäude stehen noch; Brücken sind zerstört; alle Verbindungen unterbrochen; Erdrutsche und Überflutungen	7,4 – 8,1
XII	katastrophal	völlige Zerstörung; Erdboden steigt und sinkt in Wellen	über 8,1
			Maximum 8,9

Tabelle 1: Erdbebenskalen Mercalli- / Richter-Skala [GOUDIE, 2002 S.340]

Weltweit stellen Erdbeben eine Typ Naturkatastrophe mit einem hohen Gefährdungspotential für die betroffene Bevölkerung dar. Man unterscheidet dabei die direkte, die unmittelbar indirekte sowie die mittelbar indirekte Wirkung. Unter der direkten Erbebeneinwirkung versteht man die Gefährdung der Menschen zum Zeitpunkt des Erdstoßes an sich. Der direkt verursachte Personenschaden hängt

dabei stark von Bebauungsdichte und Bebauungsart des betroffenen Gebietes ab. Ein Erdbeben gleicher Stärke kann in ländlichen Regionen völlig unbeachtet bleiben und in einer dichtbesiedelten Metropole zu einer nationalen Katastrophe führen. Unmittelbar indirekte Auswirkungen stellen vom Erdbebenereignis hervorgerufene geophysikalische Phänomene wie beispielweise Liquefaktion, Erdrutsche, Lawinen und Tsunamis dar. Auch hier spielt Bevölkerungs- und Bebauungsdichte eine entscheidende Rolle für die Verletzbarkeit einer Region. Am verheerendsten sind jedoch oft die mittelbar indirekten Folgen eines Ereignisses: Durch die Zerstörung von Infrastruktur und Versorgungssystemen kommt es im Nachgang eines Erdbebens oft zu Einschnitten in der Versorgung der Bevölkerung mit lebenswichtigen Waren und Dienstleistungen. Je nach Umfang und Geschwindigkeit der eingeleiteten Hilfsmaßnahmen ist mit dem Auftreten von Hungersnöten und Seuchen zu rechnen [vgl. DOWNS, 2008].

In der Geschichte der Menschheit sind bereits zahllose Erdbebenereignisse aufgetreten, von denen einige auf Grund ihrer besonders hohen Schadenswirkung eine gewisse Bekanntheit erlangt haben. So erschütterte im Jahre 1906 das San-Francisco-Erdbeben mit einer Stärke von 7,6 (Spitzenmagnitude) die Küste Nordkaliforniens und verursachte nach offiziellen Angaben über 3000 Tote sowie unzählige Verletzte und Obdachlose. Das Erdbeben von Tangshan in China 1976 mit einer Stärke von 7,5 forderte geschätzte 800.000 Todesopfer und ging somit als eines der schlimmsten Beben in die Geschichte der Menschheit ein. Auch im 21. Jahrhundert sind schwere Erdbeben immer noch nicht sicher voraussehbar und fordern weiterhin viele Todesopfer, wie beispielsweise das verheerende Erbeben von Haiti im Januar 2010, das eine Stärke von 7,0 und eine geschätzte Opferzahl von 300.000 Toten aufwies.

2.2 Satellitendatenaquise

Aufgrund der oben geschilderten stark zeitabhängigen indirekten Auswirkungen eines Erdbebens, wie beispielsweise Seuchen und Hungersnöte, muss ein möglichst schneller Einsatz von Hilfs- und Rettungskräften vor Ort gewährleistet sein. Gleichmaßen schnell muss die Informationsbereitstellung für eben diese Rettungskräfte erfolgen. Dazu kommt der schnellen Bereitstellung und Aufbereitung von Geodaten in Form einer Krisenkarte aus dem betroffenen Gebiet eine wesentliche Rolle zu. Bevor mit der eigentlichen Erstellung einer Krisenkarte begonnen werden kann, müssen zunächst die optischen hochauflösenden Daten akquiriert werden, was heutzutage üblicherweise mittels Satellitenbildaufnahme geschieht. Dazu stehen mehrere spezialisierte Erdbeobachtungssatelliten (bspw. Worldview, GeoEye, Pleiades) zur Verfügung, welche jeden beliebigen Punkt der Erde mit Reaktionszeiten im Bereich weniger Stunden und im geometrischen Auflösungsbereich von 50 – 100 cm erfassen können.

Die Erfassung und Analyse von Satellitenbildern ist dem Fachgebiet der Fernerkundung zuzuordnen. Dieser Begriff nach Albertz besagt: *„Das Messgerät befindet sich in einiger Entfernung vom Ort der Messung; die zu messende Größe wird aus der vom Messobjekt reflektierenden oder emittierten elektromagnetischen Strahlung abgeleitet“* [ALBERTZ, 2009, S.1]. Es handelt sich also um ein indirektes Beobachtungsverfahren zur Gewinnung von Informationen über die Erdoberfläche und allen darauf befindlichen Objekten, der Meeresoberfläche oder der Atmosphäre. Im Zuge dieser Arbeit sind jene Verfahren der Fernerkundung relevant, die zu einer bildhaften Wiedergabe der Erdoberfläche führen. Die Prozesskette bei abbildenden Fernerkundungssystemen umfasst die Datenaufnahme, Datenspeicherung sowie die anschließende Datenauswertung. In den aus diesem Vorgang resultierenden Bildern sind Informationen über das abgebildete Gelände gespeichert, welche im Anschluss ausgewertet werden [vgl. ALBERTZ, 2009]. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich der Datenauswertung.

Unter den Begriff der Auswertung fasst man im Krisenkartenkontext alle Vorgänge zusammen, die zum Ziel haben, die gespeicherten Informationen in Luft- und Satellitenbildern nutzbar zu machen und Produkte daraus abzuleiten. Die wichtigsten Auswerteprozesse umfassen die visuelle Bildinterpretation, in dem der Mensch Bildinhalte bewusst wahrnimmt und versucht Schlüsse daraus zu ziehen, die

photogrammetrische Auswertung, in der die geometrischen Beziehungen zwischen den Bildern und den abgebildeten Objekten genutzt werden um geometrische Größen abzuleiten und die digitale Bildauswertung bei der mit Hilfe rechnerischer Verfahren Informationen aus den Bildern extrahiert werden [vgl. ALBERTZ, 2009].

Bei der Erdbebenschadensanalyse, welche die thematische Grundlage für diese Arbeit liefert, wird nun speziell auf das Verfahren der visuellen Bildinterpretation von Satellitendaten eingegangen. Hier hat der Mensch durch seine herausragenden Fähigkeiten bei der Objekterkennung und Interpretation noch einen deutlichen Vorteil gegenüber automatisierten Systemen. Die erfolgreiche Interpretation von Erdbebengebieten setzt jedoch vom Betrachter eine gewisse notwendige Sachkenntnis hinsichtlich des Gegenstandes, in diesem Fall zerstörte Gebäudestrukturen, voraus. Auch Kenntnisse über die Entstehung der Bilder und ihre Eigenschaften sind erforderlich, um eine sinnvolle Interpretation durchführen zu können, den Informationsgehalt der Bilder voll auszuschöpfen und Fehlerinterpretationen zu vermeiden.

Ein gravierender Nachteil bei der manuellen Interpretation von Satellitenbildern hinsichtlich der Schnellschadenskartierung ist sicherlich der hohe Zeitbedarf für die Durchführung. Hier wird derzeit noch intensiv an effizienten und präzisen Algorithmen zur automatischen Objekterkennung geforscht.

2.3 Zweidimensionale Visualisierung von Geodaten

Im obigen Abschnitt wurde die Akquise und Prozessierung von Fernerkundungsdaten kurz erläutert, an die sich in der Praxis üblicherweise die Kartenerstellung, d. h. die visuelle Aufbereitung der für den Nutzer relevanten Geodaten in Form einer Karte anschließt.

Eine von Imhof vorgeschlagene Definition einer Karte besagt: *„Karten sind verkleinerte, vereinfachte, inhaltlich ergänzte und erläuterte Grundrißbilder der Erdoberfläche oder von Teilen derselben“* [IMHOF, 1968, S. 69]. Andere Definitionen berücksichtigen die Tatsache, dass es sich bei einer Karte um eine zweidimensionale, verebnete Abbildung der Erdoberfläche handelt, noch expliziter [vgl. WILHELMY, 2002].

Zweidimensionalität ist ein Abbildungszustand, in dem die Geometriedaten auf einer Ebene projiziert werden, wodurch einzelne Objekte mittels X- und Y-Koordinaten ohne Angabe eines Höhenwertes definiert sind. Bei der Erstellung von zweidimensionalen Kartenwerken ergeben sich aus dieser Eigenschaft mehrere Folgerungen für die Darstellungsart.

Die Herstellung einer Karte, und damit natürlich auch einer Satellitenbildkarte, ist ein komplexer Prozess, welcher unter Berücksichtigung zahlreicher Gesichtspunkte durchzuführen ist, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Wichtig ist neben der Auswahl des Quellenmaterials, der Festlegung des Maßstabs und der Anordnung der einzelnen äußeren Kartenelemente insbesondere die thematische Aufbereitung des Kartenspiegels unter Berücksichtigung der für den Nutzer bedeutsamen Objekte und Informationen. Als Quellenmaterial einer satellitenbildbasierten Schnellschadenskarte steht ein im Regelfall hochauflösendes Satellitenbild in einem Rasterdatenformat zur Verfügung, wobei dieses mittels der üblichen Bildbearbeitungsalgorithmen qualitativ aufbereitet werden kann. Die Wahl des Maßstabs ist je nach Anforderung an die Detaillierungsgenauigkeit und Vollständigkeit der darzustellenden Objekte sowie nach dem zu beinhaltenden Gebietsumfanges zu wählen. Das Kartenlayout und die Anordnung der äußeren Kartenelemente wie Legende oder Beschriftungen richten sich im Wesentlichen nach visuellen Kriterien und der Art der besonders relevanten Objekte [vgl. KOHLSTOCK, 2004].

Ein zentraler Arbeitsschritt bei der Erstellung einer Satellitenkarte stellt die thematische Aufbereitung dar, deren Aufgabe die thematisch prägnante Darstellung der wichtigsten Katastrophenfolgen in einer zweidimensionalen Objektanordnung über dem Rasterbild ist. Mit Hilfe graphischer Darstellungsmittel, etwa geometrischer und erläuternder Elemente, werden hier wesentliche Erkenntnisse aus der Analyse des Satellitenbildes generalisiert und in ihrer optischen Wirkung verstärkt.

Die Abbildung 4 zeigt beispielhaft eine mit den oben genannten Methoden aufbereitete Krisenkarte eines Erdbebengebietes in Haiti.

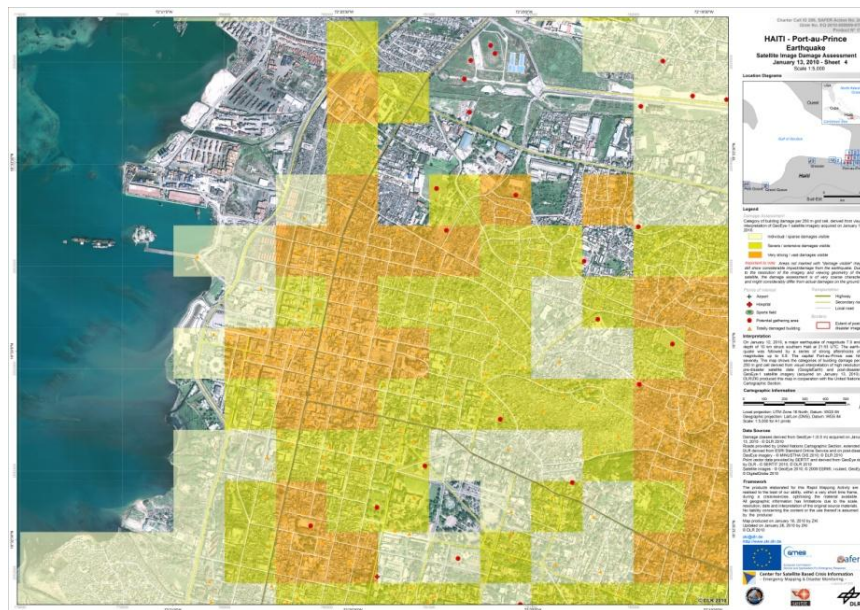


Abb. 4: Krisenkarte Haiti [DLR-WEBSEITE_3]

Gut zu erkennen ist, neben der klaren layouttechnischen Gliederung in Kartenspiegel und Legendenblock, insbesondere die Überlagerung des Basisrasterbildes im Kartenspiegel durch nachträglich aus der Bildanalyse gewonnene Informationen, in diesem Falle die durch unterschiedliche blockweise Einfärbung dargestellte skalare Information eines gemittelten Schädigungsgrades.

Diese im Grunde jahrhundertalte und nahezu ausgereifte zweidimensionale Darstellungsform weist jedoch einige grundlegende Schwächen auf. Im Bereich der Schnellschadenskartierung sind dies vor allem die beschränkte physiologische und psychologische Eindringlichkeit sowie die im Vergleich zu einer dreidimensionalen Darstellungsform geringeren vermittelbaren Informationsdichten.

2.4 Dreidimensionale Visualisierung von Geodaten

Zur Überwindung der oben genannten Einschränkungen zweidimensionaler Kartendarstellungen wird derzeit intensiv an Ergänzungen und Erweiterungen der bekannten kartographischen Visualisierungstechniken geforscht. Als eine der zentralen, besonders durch die Fortschritte in der Computertechnik ermöglichten Methoden, hat sich die dreidimensionale Präsentation von Geodaten in vielen Anwendungen der Geoinformation etabliert.

Diese Präsentationsform kann nun, je nach Art der Anwendung, die Kommunikationsleistung der Darstellung sowie das intuitive Verständnis des Nutzers für den Raumbezug der Informationen erhöhen und bildet somit ein wesentliches Instrument der modernen Geokommunikation. Hierbei wird die dritte Dimension als räumliche Darstellung eines Objektes in einem dreidimensionalen Abbildungsraum verstanden, wodurch die beiden kartographischen Ortskoordinaten um einen Höhenwert ergänzt werden. Ein darzustellendes Objekt wird also als Datensatz aus dreidimensionalen Vektoren abgespeichert, welcher zusätzlich durch verschiedene Attributwerte zur Beschreibung seiner nichtgeographischen Eigenschaften ergänzt wird.

Wesentlicher Vorteil ist dabei die Ausnutzung der menschlichen Wahrnehmung, die physiologisch bedingt immer auf die Erkennung dreidimensionaler Objekte in unserer Umwelt eingestellt ist. Ermöglicht wird diese Wahrnehmung durch die spezielle Anordnung der menschlichen Augen, welche einen mittleren Abstand von 65 mm voneinander haben und somit zwei zeitlich synchrone Bilder aus unterschiedlichen Blickwinkeln liefern. Das menschliche Gehirn generiert aus diesem Doppelbild den bekannten dreidimensionalen Eindruck, der als stereoskopisches Sehen bezeichnet wird. Das unten gezeigte Bild 5 veranschaulicht diesen Vorgang [vgl. ALBERTZ, 2009].

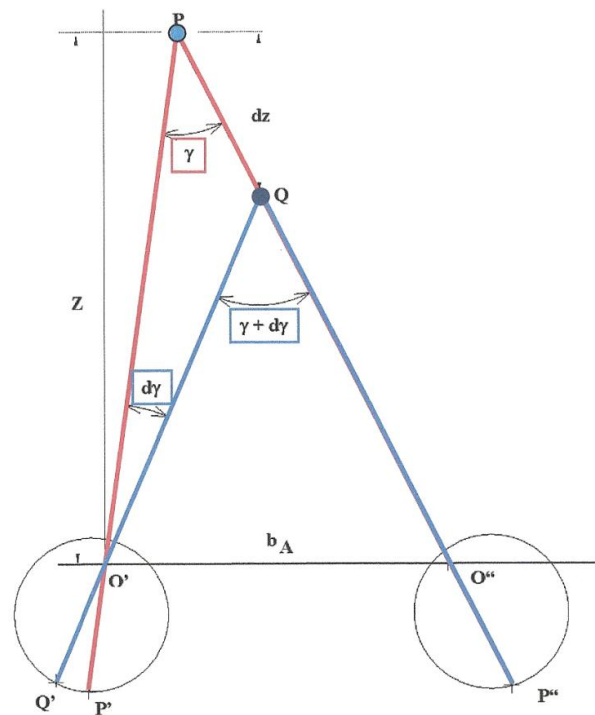


Abb. 5: Stereoskopisches Sehen [PRYZIBILLA, S.7]

Dieser dargestellte Mechanismus lässt sich durch geschickte Anordnung und Gestaltung der einzelnen Visualisierungselemente eines Kartenwerkes gut zur Erzeugung einer quasi dreidimensionalen Ansicht geographischer Strukturen ausnutzen. Der Begriff Quasi ist hierbei explizit erwähnt, um den Unterschied einer im Grunde zweidimensionalen, aber räumlich wirkenden Darstellung auf den herkömmlichen Betrachtungsmedien wie papiergebunden Produkten oder Bildschirmen zu den selten vorkommenden echt-dreidimensionalen Darstellungsformen, wie beispielsweise physikalische Reliefs, zu verdeutlichen.

Gerade die erwähnte quasi-dreidimensionale Visualisierungsform von Geodaten benötigt und ermöglicht im Unterschied zur klassischen Kartengestaltungslehre eine ganze Reihe von weiteren Darstellungsparametern. So sind neben den aus der zweidimensionalen Kartographie bekannten graphischen Variablen (Form, Größe, Farbe etc.) und Elementen (Punkt, Linie, Schrift, etc.) noch eine Vielzahl von weiteren Parametern zu definieren. Diese werden üblicherweise in Gestaltungsvariablen und Betrachtungsvariablen eingeteilt. Gestaltungsvariablen bezeichnen hierbei die für die Bestimmung der visuellen Erscheinung des dreidimensionalen Objektes an sich wesentliche Attribute. Beispiele hierfür sind etwa Parameter zur Beleuchtung und Schattierung oder auch Eigenschaften der

Oberflächentextur. Unter Betrachtungsvariablen versteht man die Parameter wie Kameraposition oder Brennweite, welche die Eigenschaften des Objektbeobachters selbst festlegen.

Die korrekte Einstellung der oben genannten Parameter zur Erzielung eines optimalen visuellen Ergebnisses verkompliziert die klassischen Darstellungsregeln der Kartographie erheblich und ist derzeit noch immer Gegenstand der aktuellen Forschung. Als beispielhafte Problemstellung bei der Wahl der 3D-Parameter sei an dieser Stelle lediglich das sogenannte „*Tote Pixel*“ Problem genannt, welches die Abhängigkeit der dargestellten Informationsdichte einer dreidimensionalen Visualisierung vom Höhenwinkel der Betrachterposition beschreibt. Verkürzt gesagt, erhöht ein niedriger Betrachtungswinkel die sichtbare Oberfläche eines als Schrägbild dargestellten Gebietes, vergrößert jedoch gleichzeitig die Fläche der durch vorgelagerte dreidimensionale Objekte verdeckten Bereiche [vgl. JOBST, 2009].

Die Erstellung einer dreidimensional visualisierten Karte erfordert also einen gewissen Mehraufwand zur Berücksichtigung der spezifischen Darstellungsparameter, liefert jedoch bei guter Umsetzung auch den schon erwähnten Informationsmehrwert. Als einfaches Gliederungsschema zur qualitativen Klassifikation dreidimensionaler Kartendarstellungen haben sich die Folgenden in Tabelle 2 aufgezeigte Einteilung in verschiedene „*Levels of Details*“ (*LoD*) etabliert.

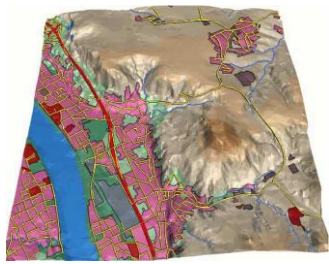
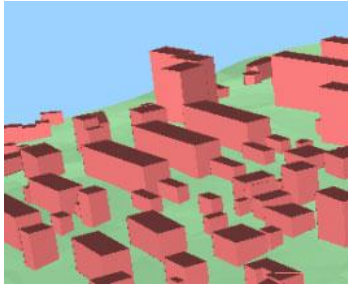
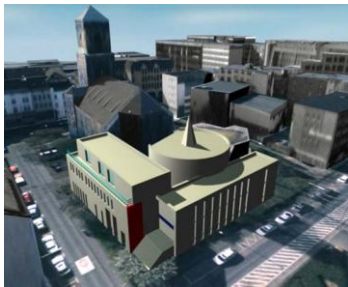
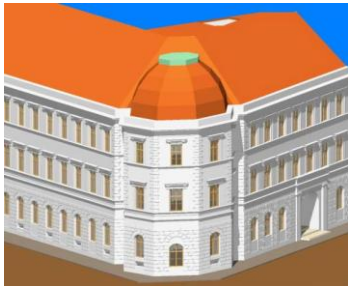

LOD	Beschreibung	Beispiel
0	Regionalmodell DGM / Orthophoto / Grundrissspolygone Orthophotos als Textur aus Relief Grundrissspolygone der Gebäude (2,5 Modelle)	
1	Blockmodell „Klötzchenmodell“ ohne Dachformen Extrudierte Grundrissspolygone ► Polyeder Keine Fassaden, keine Dachformen, Höhen beispielsweise über Geschossanzahl	
2	Standortmodell (Strukturmodell) Dachstruktur, einfach texturierte Gebäude Wichtige Vegetationsmerkmale Horizontale Strukturen: Dachflächen, Balkone Einfache Fassadenbilder Höhe über Geschossanzahl	
3	Architekturmodell Geometrisch fein ausdifferenzierte Gebäude, mit fotorealistischer Textur, Vegetation und Straßenmöbel Vertikale Strukturen: Fassaden	
4	Innenraummodell Begehrbar, innen fein ausdifferenzierte Gebäude Projektmodelle	

Tabelle 2: Level of Detail [LOTHER, 2010, Abschnitt 9, S. 9]

3. Untersuchte Methoden

3.1 Aufgabenstellung und Testgebiet

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, wie in Kapitel 1.3 schon kurz erwähnt, die Untersuchung von Methoden und Anwendungen im Bezug auf Ihre Eignung zur schnellen und effizienten dreidimensionalen Visualisierung von Erdbebenschäden. Diese Methoden sollen dabei im Wesentlichen an einem vorgegebenen Testszenario geprüft werden, wozu Aufnahmen einer Erdbebenkatastrophe in Port-au-Prince, Haiti, herangezogen wurden. Die zur Verfügung gestellte Datengrundlage bestand dabei aus zwei Rasterdatensätzen im Format *.img mit zugehörigen Pyramidenlayern und Metadaten. Ursprung dieser Aufnahmen ist das Satellitensystem GeoEye, Überflugsdatum 11. Januar 2010. Die beiden hochauflösenden multispektralen Satellitenszenen lagen in einer Auflösung von 1,6 m pro Pixel vor.

Die untersuchten Anwendungsprogramme ergaben sich zunächst aus dem dieser Arbeit vorgelagerten Studentenprojektes zur „*Visualisierung von Natur- und Umweltkatastrophen mit Hilfe von Fernerkundung und GIS*“. In diesem wurde das Programm ArcGIS mit der Extension ArcScene des Softwareherstellers ESRI als potentiell geeignet im Sinne der Aufgabenstellung identifiziert. Weiterhin wurden nach einer allgemeinen Recherche die ArcGIS Extension ArcGlobe, die Anwendung Google Earth sowie die beiden Internetkartendienste OpenStreetMap und Bing Maps als zur Untersuchung geeignete Anwendungen hinzugezogen.

Dabei ergaben sich im Verlauf der Arbeit auf Grund der unterschiedlichen Programmspezifika abweichende Untersuchungsdetaillierungen der einzelnen Anwendungen. So zeigten die Programme ArcGIS und Google Earth eine generell bessere Eignung für den Anwendungsfall, woraus sich eine genauere Untersuchung der Programmeigenschaften ergab.

Die Ergebnisse der Arbeit wurden abschließend diskutiert und die Erkenntnis der Arbeit zusammengefasst. Die Bachelorarbeit wurde im Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) am DLR in Oberpfaffenhofen angefertigt. Ein entsprechender Arbeitsplatz stand zur Verfügung.

3.2 Visualisierungsmöglichkeiten mit ArcGIS

3.2.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche

Im Folgenden wird ein Kurzüberblick über die im Rahmen der Arbeit auf Ihre Eignung untersuchte Produktfamilie ArcGIS gegeben. Diese Anwendung von dem amerikanischen Softwarehersteller ESRI, dem weltweiten Marktführer für Geoinformationssysteme, hat sich in den letzten Jahren zu einem Standardsystem für die Prozessierung von Geodaten entwickelt [vgl. ESRI-WEBSEITE]. Die wesentlichen Einsatz- und Anwendungsbereiche dieses Produktes reichen von Land- und Forstwirtschaft über Altlasten- und Bodenschutz, Geologie, Wasserwirtschaft bis hin zu Umwelt- und Katastrophenschutz.

ArcGIS ist der Überbegriff für eine größere Produktfamilie, welche unter anderem ArcGIS-Desktop mit den Komponenten ArcMap und ArcCatalog umfasst. Die Anwendung ArcMap ist dabei zusätzlich durch die Programmextension 3D-Analyst erweiterbar, welche die Nutzung der für die Visualisierung relevanten Unterprogramme ArcScene und ArcGlobe ermöglicht. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die oben genannten Komponenten im Versionsstand 10 eingesetzt.

Die Komponente ArcMap dient im Wesentlichen zur Erstellung und Visualisierung von Karten sowie zum Editieren, Analysieren und Abfragen von Geodaten. Zusätzlich werden die üblichen Hilfsfunktionen, wie beispielsweise Layouterstellung, Export oder Druck, bereitgestellt. Das Speicherformat ist das Map-Exchange-Document-Format mit der Dateiendung *.mxd.

Die Anwendung ArcCatalog dient der Verwaltung, Sichtung, sowie dem Neuanlegen, Kopieren und Löschen von Geodaten. Auch die Änderungen und Ergänzungen der Dateneigenschaften werden hier verwaltet.

Zur Visualisierung von Geodaten wird in der ArcGIS-Produktfamilie die Erweiterung 3D-Analyst genutzt. Diese stellt die beiden Unterprogramme ArcScene und ArcGlobe bereit. ArcScene ermöglicht dabei eine effektive Verwaltung von 3D-GIS-Daten, die Durchführung von 3D-Analysen, die Bearbeitung von 3D-Features und die Erstellung von Layern mit dreidimensionalen Eigenschaften. Zudem können Videosequenzen erzeugt werden. Demgegenüber wird ArcGlobe zur Visualisierung von umfangreichen Geodaten auf einem virtuellen dreidimensionalen Globus genutzt.

Auch dieser Programmteil ermöglicht die Erstellung von Videosequenzen, wie beispielsweise, virtuelle Überflüge [vgl. GI, 2011].

Aufgrund des großen Funktionsumfangs der oben genannten Anwendungen wird an dieser Stelle auf eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Funktionen und Werkzeuge verzichtet. Vielmehr wird hier lediglich ein kurzer Überblick über den Aufbau und die Menüführung der im Rahmen dieser Arbeit wesentlichen Aufgabenstellung erforderlichen Komponenten gegeben. Dazu werden im Folgenden die einzelnen Anwendungen ArcMap, ArcCatalog, ArcScene sowie ArcGlobe nacheinander kurz dargestellt.

Die unten stehende Abbildung 6 zeigt zunächst beispielhaft die ArcMap Benutzeroberfläche.

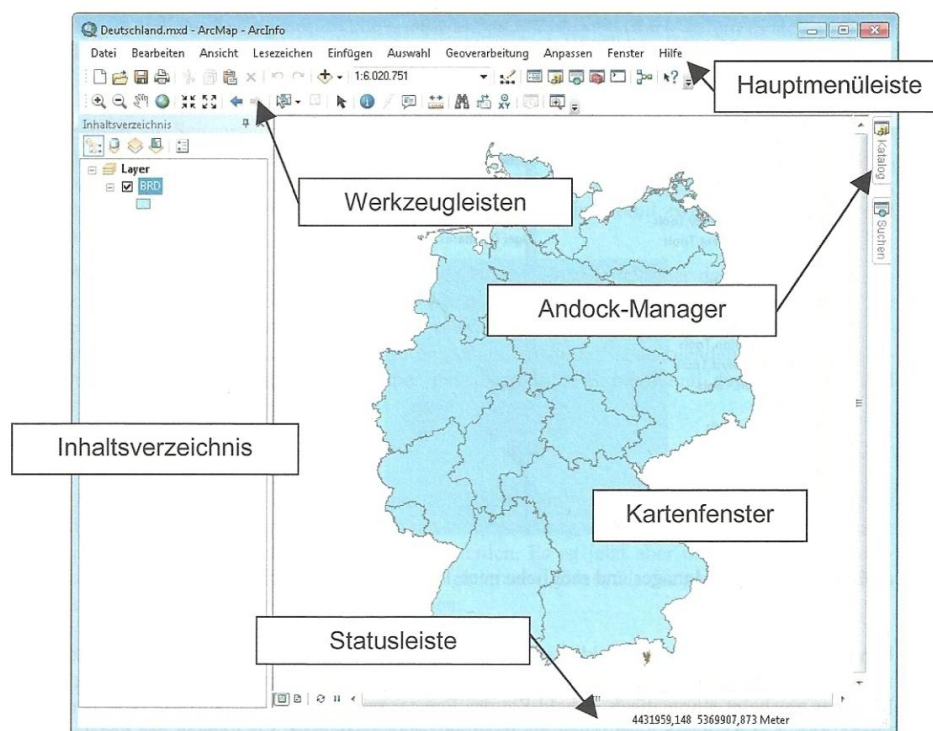


Abb. 6: Überblick ArcMap Desktop Oberfläche [GI, 2011, S. 105]

Diese unterteilt sich in die Hauptbereiche Hauptmenüleiste, Werkzeugleiste, Inhaltsverzeichnis, Kartenfenster und Statusleiste. Über die Hauptmenüleiste werden bestimmte Befehle und Einstellungen, die von üblichen Windowsprogrammen bekannt sind, wie zum Beispiel das Speichern von Daten, Ansichtseinstellungen und das Aktivieren der Werkzeugleisten, verwaltet. Die Werkzeugleisten stellen dem

Nutzer bereits vorgefertigte anwendungseigene Funktionen zur Verfügung. Angefangen von Standard-Werkzeugen, über Editier-, Georeferenzier-, und Topologie-Werkzeugen, bis zu Werkzeugen zur Kartengestaltung und Animation ist alles enthalten. Das Inhaltsverzeichnis (Table of Content) gibt eine Übersicht über alle in einem Projekt befindlichen Layer. Im Kartenfenster werden alle geladenen Daten in Form eines 2D-Viewers dargestellt.

Die Benutzeroberfläche von ArcCatalog ist in der folgenden Abbildung 7 dargestellt. Die Bedienung ist an das Windows-Dateiensystem angelehnt.

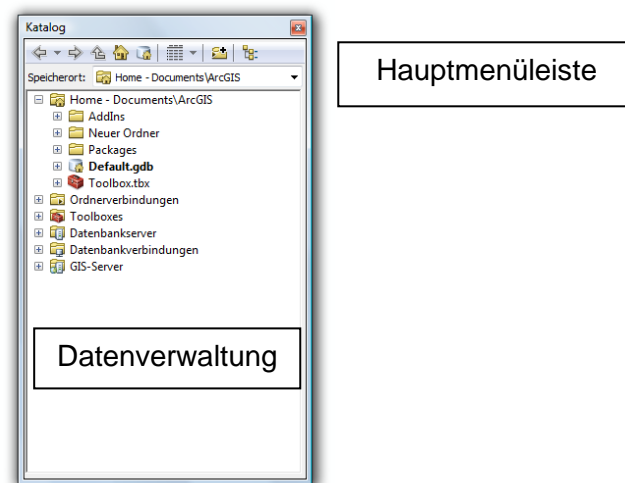


Abb. 7: Überblick ArcCatalog Desktop Oberfläche

Der Katalog kann innerhalb von ArcMap ausgeführt werden, was eine parallele Nutzung beider Programme erleichtert. Innerhalb des Katalog-Fensters kann zwischen den Daten navigiert, Geoprocessing-Werkzeuge und GIS-Services organisiert, Speicherorte und Daten können per Drag & Drop in das Kartenprojekt gezogen werden.

Abschließend sind noch die beiden Oberflächen der Unterprogramme ArcScene in Abbildung 8 und ArcGlobe in Abbildung 9 aufgezeigt. Die Benutzeroberfläche beider Programme gestaltet sich analog der Desktop Ansicht von ArcMap. Den einzigen Unterschied stellt das Kartenfenster dar. Die abschließende dreidimensionale Visualisierung des Erdbebengebietes erfolgt mit den beiden Anwendungen ArcScene und ArcGlobe, welche im Abschnitt 3.2.3 ausführlich beschrieben wird. In ArcScene werden die Daten im Unterschied zu ArcMap bereits als perspektivische 3D-Ansicht dargestellt.

Die Anwendung ArcGlobe dagegen stellt das klassische Kartenfenster in Form eines virtuellen Globus dar, auf dem die Daten visualisiert werden [vgl. GI, 2011].

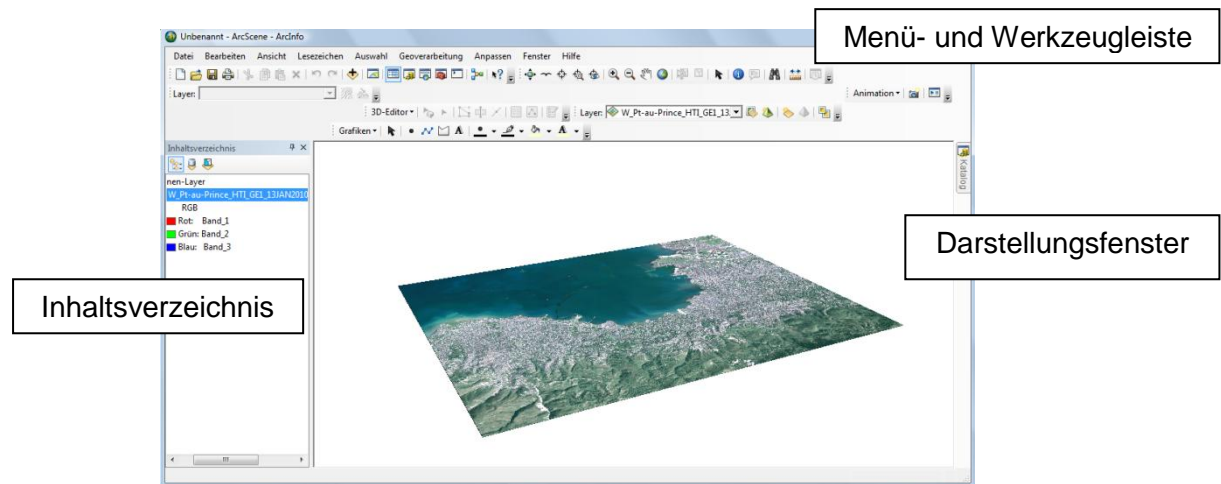


Abb. 8: Überblick ArcScene Desktop Oberfläche

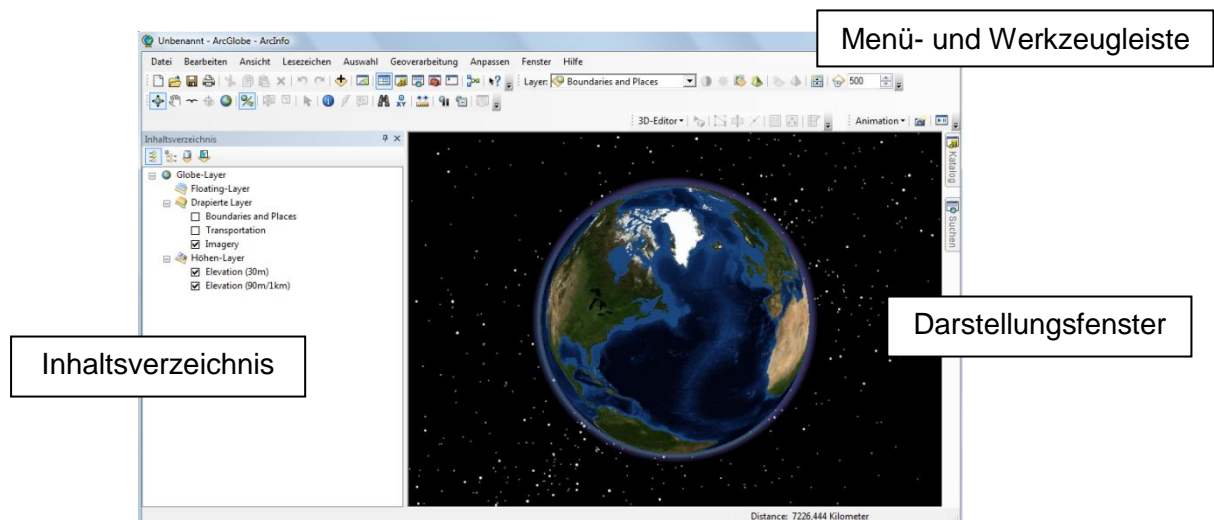


Abb. 9: Überblick ArcGlobe Desktop Oberfläche

Für die im Rahmen dieser Arbeit definierte Aufgabenstellung wurden mit Hilfe der Komponente ArcCatalog vektorisierte Geodaten definiert und verwaltet. Diese Vektordaten visualisieren die später in der Schadenskarte dreidimensionalen Erdbebenschäden in Form von quadratischen Volumenkörpern. Mittels der Anwendung ArcMap werden diese Körper in zweidimensionaler Form erstellt und mit Hilfe der Extension ArcScene und ArcGlobe dreidimensional visualisiert, wie in den Abschnitten 3.2.3.1 und 3.2.3.2 ausführlich erläutert wird.

3.2.2 Vorgehensweise zur Erstellung einer Krisenkarte

Nach der allgemeinen Vorstellung der Programmumgebung werden im Folgenden die konkreten Arbeitsschritte zur Erstellung einer 2D-Krisenkarte erläutert, wobei in diesem Teil der Arbeit schwerpunktmäßig auf die technische Erstellung und Visualisierung von Erdbebenschadenskarten eingegangen wird, die die Basis für die 3D-Darstellung bilden. Die vor Kartenerstellung nötige Interpretation und Analyse der Luft- und Satellitenbilddaten wurde bereits im Kapitel 2.2 angesprochen.

Zu Beginn muss zunächst die jeweils relevante Satellitenbildszene des betroffenen Erdbebengebietes in das Programm ArcMap geladen werden. ArcMap unterstützt alle gängigen Rasterdatenformate, wie beispielsweise *.tiff, *.img, *.jpg *.png. Nach dem Laden der Rasterdaten werden die benötigten Shapedateien als Träger der vektorisierten und mit Attributen hinterlegten Geodaten definiert. Diese Geodaten definieren zunächst die zweidimensionalen Gebäudeumrisse. Shape-Dateien, (Shapefiles, Shapes) sind ein offenes Datenaustauschformat, welche im Wesentlichen sogenannte topologiefreie Simple-Feature-Klassen, wie Punkte, Linien oder Flächen enthalten. Die Sammeldateien bestehen aus mindestens drei separaten Dateien, der *.shp-Datei (Geometriedaten), der *.dbf-Datei (Sachdaten), sowie der *.shx-Datei für die Referenzierung und Verknüpfung von Geometrie und Attributen. Enthalten Shape-Dateien einen Raumbezug, einen Attributindex oder wird ihnen eine geodätische Projektion zugewiesen, so kommen weitere Unterdateien hinzu [vgl. Gl, 2011]. Bei Generierung der Shapes ist insbesondere auf die Einrichtung von Höhenwerten (Z-Koordinaten) in den Geometriedatensätzen zu achten, welche für eine Speicherung und Darstellung von dreidimensionalen Informationen erforderlich sind. Bei einem solchen 3D-Shapefile werden, im Gegensatz zum normalen Shapefile, die Höhenwerte direkt im Shape gespeichert. In der zugehörigen Attributtabelle wird die integrierte dritte Dimension durch Angabe des zusätzlichen Buchstabens „Z“ am Ende der Typenangabe gekennzeichnet. Der Z-Wert drückt die Höhe eines Objektes aus, wobei im Falle dieser Arbeit die Höhe eines Gebäudeblocks, definiert durch die Anzahl der Gebäude pro Block, die maßgebliche dreidimensionale Information in Form eines Zahlenwertes darstellt. Der Nutzer ermittelt durch abzählen der einzelnen Gebäude pro Block den zu bestimmenden Z-Wert.

Nach der Erstellung der Shapes kann mit der Digitalisierung der Schadensattribute begonnen werden. Die Bearbeitung von Objektdaten findet in ArcMap innerhalb einer Editiersitzung statt. Die vorgenommenen Änderungen sind auf dem Satellitenbild sofort ersichtlich, jedoch muss, um diese dauerhaft zu erhalten, gesondert in der Editiersitzung gespeichert werden. Zur Erstellung der einzelnen Polygone wird das Werkzeug „*Gerades Segment*“, das einzelne Stützpunkte für Linien- und Polygon-Features digitalisiert, gewählt. Die jeweils manuell generierten Polygone werden dabei auf einer definierten Zeichenfläche, einem sogenannten Layer, gespeichert.

Jedem Layer ist in ArcMap eine Attributtabelle mit den jeweiligen, zu dem Layer gehörigen Objektdaten zugeordnet. Dabei enthält jede Zeile ein geographisches Objekt, welches in diesem Fall ein Polygon (Feature) darstellt und jede Spalte ein bestimmtes Attribut (Merkmal), das die jeweiligen Features beschreiben. Die Grundstruktur und der Informationsgehalt dieser Tabelle werden automatisch bei Erstellung der Features festgelegt. Jedoch können die Informationen dynamisch vom Nutzer erweitert werden. In dem hier behandelten Fall wird die Attributtabelle um die Information „*Höhe*“ erweitert.

Die somit erstellte Tabelle enthält also zunächst zentrale Informationen zu jedem Objekt. Die beiden Spalten FID und Shape, die bei der Erstellung automatisch erzeugt werden und vom Bearbeiter nicht editiert werden können, enthalten beispielsweise eine eindeutige ID-Nummer (Identifikation) sowie den Geometrietyp für jedes Objekt [vgl. GI, 2011]. Mit Hilfe des Befehls „*Feld hinzufügen*“ wird die Tabelle um eine weitere Spalte erweitert. Hier wird ein neuer Feldname und Datentyp zugewiesen. Ein Datentyp beschreibt dabei den Typ der Werte und deren Wertebereich. Hier können die Typen Short- oder Long-Integer, Float, Double, Text und Datum gewählt werden. Für das in dieser Arbeit festgelegte Erdbebengebiet reicht ein Short-Integer aus, da kein Gebäudeblock mehr als 200 Gebäude fasst. Das neu hinzugefügte Attribut erhält den Namen „*Höhe*“ und einen Wertetyp „*Short-Integer*“. Besonders ist hierbei auf den deaktivierten Editiermodus zu achten, da dieser den Zugriff auf die Attributtabelle sperrt. Mit der Option „*Auf selektierten Layer zoomen*“ kann auf das in der Attributtabelle gespeicherte Polygon gezoomt und der entsprechende Höhenwert eingetragen werden.

Mittels der oben beschriebenen Vorgehensweise wird letztlich der auf dem Rasterbild erkennbare Zerstörungsgrad der einzelnen Häuserblocks in vektoriell digitalisierten und mit Attributen hinterlegte Objekte umgesetzt.

Das unten dargestellte Bild 10 zeigt beispielhaft das Ergebnis der Erstellung der zweidimensionalen Objekte in ArcMap. Im folgenden Abschnitt wird anschließend die dreidimensionale Darstellung dieser Objektsammlung erläutert.

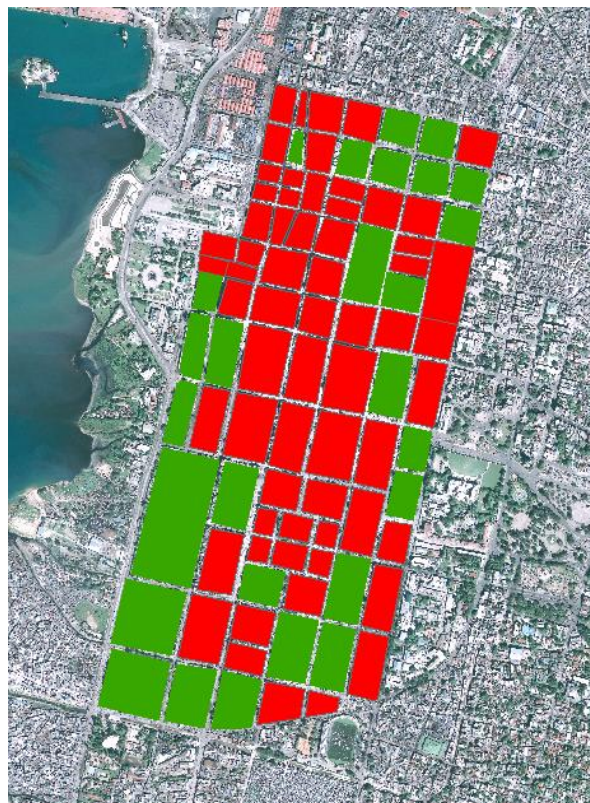


Abb. 10: Ergebnis 2D-Objekterstellung in ArcMap

3.2.3 3D-Visualisierungsmöglichkeiten der 2D-Krisenkarte

3.2.3.1 3D-Visualisierung mit ArcScene

Nach der Erstellung der Objekte (Gebäudeblöcke) in ArcMap, erfolgt die dreidimensionale Visualisierung in der Erweiterung des 3D-Analysten ArcScene. Nach Programmstart muss das Satellitenbild und die auf dessen Basis erstellten Shape-Dateien geladen werden. Im Inhaltsverzeichnis unter den „*Layereigenschaften*“ befindet sich die Registerkarte „*Extrusion*“. Durch das Aktivieren der Checkbox „*Features im Layer extrudieren*“ und das Zuweisen des Extrusionwerts in Form des Attributs „*Höhe*“, erhalten alle Polygone, die in dieser Attributtabelle gespeichert sind, einen definierten Z-Wert zugewiesen. So werden alle Objektpolygone als dreidimensionale Gebäudeblöcke dargestellt. Dieser Vorgang muss für alle Shapes, die eine Gebäudeblockklasse visualisieren, manuell durchgeführt werden.

Als Ergebnis erhält man eine intuitiv verständliche Krisenkarte mit dreidimensionaler Visualisierung der jeweiligen Schadensqualität wie in Abb. 11 gezeigt.

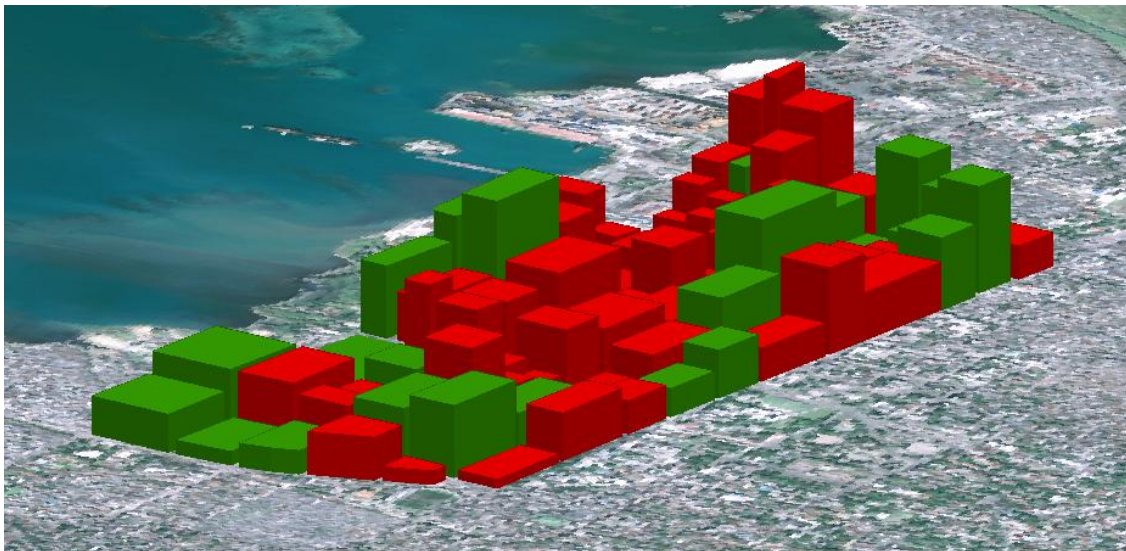


Abb. 11: Ergebnis 3D-Visualisierung ArcScene

3.2.3.2 3D-Visualisierung mit ArcGlobe

Eine weitere Möglichkeit zur dreidimensionalen Visualisierung stellt die Programmerweiterung ArcGlobe dar. Auch hier muss zunächst das Laden der für die Darstellung vorgesehenen Daten erfolgen. Nicht nur der virtuelle Globus, sondern auch die Layer-Platzierung stellt hier eine Besonderheit dar. In ArcGlobe gibt es drei vordefinierte Layer-Strukturen: Höhen-Layer, Drapierte-Layer und Floating-Layer. Floating-Layer wurden für diese Arbeit nicht verwendet. Aus diesem Grund wird diese Layer nicht näher erläutert.

Höhen-Layer stellen eine Basis für andere Layer dar. Höhendaten werden üblicherweise über Höhenmodelle wie DEMs, TINs oder Terrain-Datasets definiert. In ArcGlobe sind programmintern gespeicherte SRTM-Höhendaten in einer Auflösung von 90m bzw. 30m integriert und können, zum besseren Überblicken der geographischen Lage des Katastrophengebiets, zugeschaltet werden. Auch das Integrieren eines DEMs wäre für einen guten geographischen Überblick und der daraus resultierende Einsatzplanung der Hilfskräfte vorstellbar.

Drapierte-Layer sind Layer, die auf einen Höhenlayer wie beispielsweise ein DEM oder ein TIN gelegt werden können. Sie beinhalten oftmals Rasterdaten in Form von Luft- oder Satellitenbilder oder 2D-Features. In dieser Arbeit stellen Drapierte-Layer das hochauflösende Satellitenbild, die vektorisierten Geodaten (Gebäudeblöcke, Infrastruktur- und Gewässernetz) und die ergänzenden Signaturen für eine Krisenkarte, dar. Außerdem sind in ArcGlobe bereits zahlreiche vordefinierte 2D-Features, wie beispielsweise Grenz-, Verkehrs-, Länder- und Ortsbezeichnungen vorhanden. Auch diese können als ergänzende Signaturen für eine Krisenkarte eingesetzt werden.

Abgesehen von der unterschiedlichen Layerstruktur und der Darstellung auf einem virtuellen Globus erfolgt der Vorgang der dreidimensionalen Visualisierung analog zu ArcScene. Eine Besonderheit stellt ArcGlobe im Zusammenhang mit der Integration von zusätzlichen Daten bereit. Es besteht die Möglichkeit, Daten aus ArcGIS-Online in die Darstellung zu integrieren. ArcGIS-Online enthält eine Galerie mit zahlreichen GIS-Onlinedatenquellen (Basemaps), die über den virtuellen Globus gelegt werden können. Unter anderem besteht die Möglichkeit, eine Weltkarte von OpenStreetMap und Bing Maps über den Globus zu drapieren, so dass eine detailreiche Straßenkarte für das betroffene Erdbebengebiet zu Verfügung steht.

Die folgende Abb. 11 zeigt beispielhaft die Visualisierung mit integrierter Straßenkarte von OpenStreetMap für das Testgebiet.

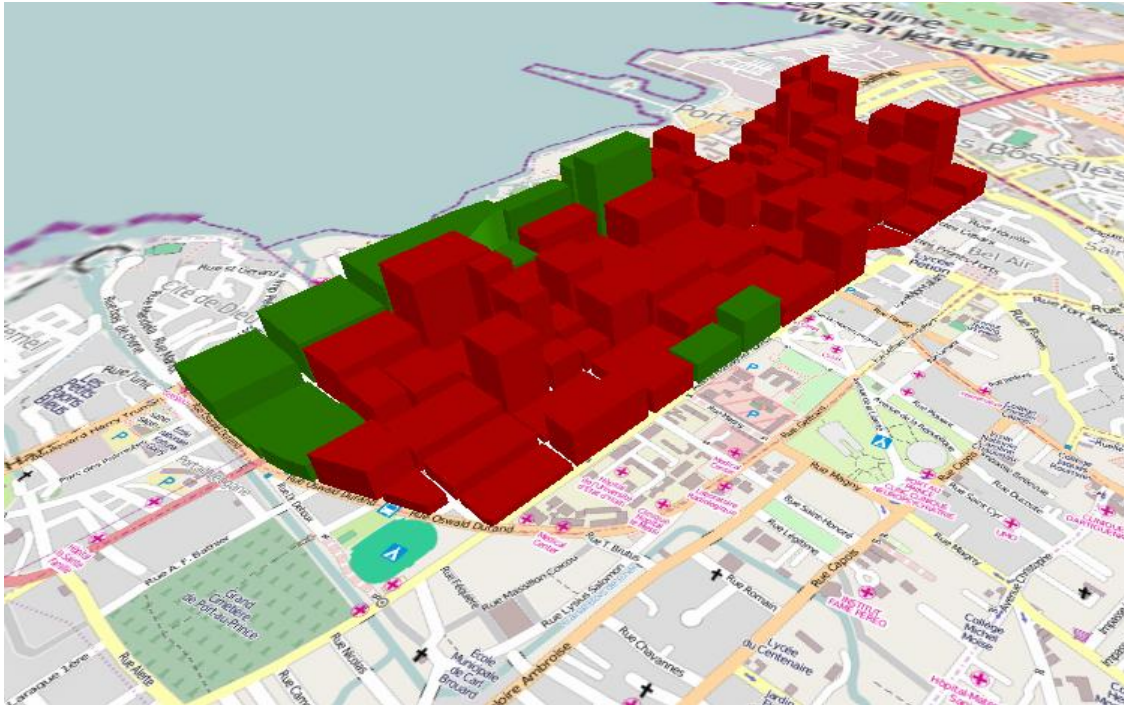


Abb. 12: Ergebnis 3D-Visualisierung ArcGlobe mit OSM

Wie in der obigen Abbildung erkennbar ist, wird zwar durch die Integration einer sogenannten Basemap das vorher geladene Satellitenbild des Katastrophengebietes überblendet, so dass eine gleichzeitige Analyse des Schadensumfangs ausgeschlossen ist, jedoch stellt diese Möglichkeit für den Nutzer und im Besonderen für die Hilfs- und Rettungskräfte der verschiedenen Organisationen eine zusätzliche zweidimensionale Information dar. Die Infrastruktur ist detailreich hinterlegt, wichtige Signaturen wie Krankenhäuser, Schulen, Campingplätze etc. sind eingezeichnet, Straßen- und Ortsbeschriftungen sind vorhanden, so dass eine schnellere und leichtere Planung des Katastropheneinsatzes umgesetzt werden könnte. Denkbar wäre hier, noch einen zusätzlichen Layer der zerstörten Infrastruktur zu integrieren, um kenntlich zu machen, welche Straßen befahrbar sind.

Im folgenden Kapitel werden die kartographischen Visualisierungsparameter die für eine Krisenkarte von Bedeutung sind näher erläutert.

3.2.4 Visualisierungsparameter und Ihre Auswirkungen in Krisenkarten

3.2.4.1 Kartographische Ansichten erzeugen

Nachdem in dem vorangehenden Kapitel die technische Generierung und Visualisierung von Schnellschadenskarten mit dem Programm ArcMap im Vordergrund stand, soll im Folgenden die kartographische Informationsvermittlung und die intuitive Lesbarkeit derartiger Karten beleuchtet werden. Dazu wird zunächst die Auswirkung verschiedener Klassifizierungsstufungen betrachtet.

3.2.4.2 Schadensklassen definieren

Um den Schadenszustand in einem Erdbebengebiet bestmöglich darstellen zu können, muss eine Möglichkeit gefunden werden, die Schadensabstufung optimal zu definieren. Dazu müssen die Gebäudeblöcke für die Erstellung und anschließender Visualisierung zunächst in verschiedenen Klassen unterteilt werden. Als die erste und einfachste Variante wurde die Möglichkeit der Einteilung in 2 Klassen gewählt. Diese beiden Klassen erhalten die Bezeichnung „zerstört“ und „unzerstört“. Als nächst höhere Abstufung wurde die einfache Variante um eine weitere Klasse „teilweise zerstört“ erweitert. Als dritte und letzte Möglichkeit wurde die 6 Klassendarstellung untersucht. Jedoch wurde im Laufe der Arbeit festgestellt, dass die Klassifizierung in 6 Stufen nicht realistisch umgesetzt werden kann. Ein wesentlicher Grund für diese Entscheidung stellt die Tatsache dar, dass es dem Nutzer nicht möglich ist, anhand einer hochauflösenden Satellitenbildszene, eine reale 6-stufige Schadenseinteilung zu gewährleisten. Die beiden geeigneten Klasseneinteilungen (2 und 3 Klassen) sind nötig, um für den Nutzer eine klare Kennzeichnung des Schadenumfangs darzustellen. Es soll auf einen Blick erkennbar sein, welche Gebiete am stärksten von der Erdbebenkatastrophe betroffen sind und welche nicht. Nach der Einteilung werden die Klassifizierung und die Farbgebung der einzelnen Schadensgruppen definiert. Die Klassifizierung muss vom Nutzer analog durchgeführt werden. Je nach Wahl der Klassifizierungsschärfe muss eine entsprechende Anzahl von Shape-Dateien erzeugt werden. Farbuweisungen können dabei jeder Shape-Datei im Inhaltsverzeichnis über das Eigenschaftsfenster zugewiesen werden.

3.2.4.3 Klassifizierung

Ein weiterer wesentlicher Visualisierungsparameter ist die Einzugsbreite bzw. das Erfassungsgebiet der einzelnen Klassen. Nach der Definition der Klassenanzahl wird nun kurz auf das Visualisierungsergebnis unterschiedlicher Einzugsbreiten eingegangen. Bei einer 2 Klassendarstellung ist die Zuordnung eines Objektes in eine Klasse relativ eindeutig definiert. Ein Gebäudeblock wird dann der Klasse „*unzerstört*“ zugewiesen, wenn alle darin enthaltenen Gebäude ohne erkennbare Beschädigungen sind. Sind ein oder mehrere Gebäude in einem Block beschädigt, so wird dieser Block der Klasse „*zerstört*“ zugewiesen.

Der zweite Fall, die 3 Klassendarstellung, stellt eine weitere Differenzierung dar. Hier wird, wie in der 2 Klassendarstellung, ein Gebäudeblock, in der sich keine beschädigten Gebäude befinden, als „*unzerstört*“ klassifiziert. Ist ein Gebäudeblock flächenmäßig weniger als zur Hälfte zerstört erhält er die Zuordnung „*teilweise zerstört*“, alle Zerstörungsgrade darüber erhalten die Gruppierung „*zerstört*“.

3.2.4.4 Farbpsychologie

Der nächste wesentliche Visualisierungsaspekt ist die Wahl der unterschiedlichen Farbpaletten. Die Auswahl der Farben spielt bei der Visualisierung generell und bei der Visualisierung von Erdbebengebieten im Speziellen eine große Rolle.

Die Wichtigkeit der Farbwahl ist in der Kartographie allgemein anerkannt, vergleiche auch: *„Die Verwendung von Farben steigert die Lesbarkeit einer Karte gegenüber Schwarz-Weiß-Darstellungen erheblich“* [KOHLSTOCK, 2004, S. 81]. Die menschliche Empfindung für Farben liegt unter anderem physiologisch bedingt. Menschen weltweit assoziieren für gewisse Objekte dieselbe Farbgebung. Bekannte Beispiele sind hier die Farbe Grün für Natur und Wachstum oder die Farbe Rot für Liebe aber auch Kampf und Aggression. Aber auch erfahrungsspezifische Empfindungen beeinflussen die menschliche Farbgebung. So assoziierte der Mensch unterbewusst die Farbe Gelb für die Sonne oder die Farbe Blau für Gewässer.

Aus diesem Ansatzpunkt heraus, wurde eine Farbgebung für die verschiedenen Schadenklassen der Erdbebendarstellung entwickelt. Die Zweiklassendarstellung erhielt die Farbgebung Rot für die Klasse „*zerstört*“ und die Farbgebung Grün für die

Klasse „*unzerstört*“. Für die dreistufige Klassendarstellung wurde die Farbe Gelb für die Klasse „*teilweise zerstört*“ mit herangezogen. Mit Hilfe von Transparenz wurde eine bessere Unterscheid- und Lesbarkeit der einzelnen dreidimensionalen Gebäudeblöcke geschaffen. Als optimaler Wert wurde hierbei ein Wert von etwa 30 % - 50 % Transparenz ermittelt.

3.2.4.5 Kartographische Visualisierung

Um eine kartographische Visualisierung der vollständigen Kriseninformation zu erhalten, müssen zusätzlich zu den oben erläuterten Objektinformationen noch weitere kartographische Signaturen eingebunden werden. Neben der Schadensinformation sind weitere Aspekte für die Nutzer im Feld (Bergungsteams, Notfallhilfekoordinatoren, Wasseraufbereiter, Ärzte etc.) interessant, wie beispielsweise Infrastruktur- und Gewässerlayer die in zweidimensionaler Form eingebunden werden und spezielle Signaturen für die Notfallkartierung in 3D. Hier kann unter anderem auf die vordefinierte ArcMap-Signaturbibliothek zurückgegriffen werden. Weiterhin ist es günstig, die Infrastruktur mit Beschriftungen zu versehen. Diese Visualisierungselemente werden im Folgenden näher erläutert.

3.2.4.6 Infrastruktur- und Gewässernetz

Analog zu den in Schadensklassen eingeteilten Häuserblocks ist es für eine Krisenkarte sinnvoll, auch die Verkehrsinfrastruktur zu klassifizieren, wobei die technische Erstellung der Infrastruktur mit der bereits in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Methode umsetzbar ist. Gerade für die Nutzer im Feld ist es von Bedeutung genaue Kenntnis über die Beschaffenheit der einzelnen Straßen vorliegen zu haben, um Einsatzfahrten präzise zu koordinieren. Die Klassifizierung des Straßennetzes erfolgt in dieser Arbeit mittels einer 2-stufigen Klasseneinteilung in „*unzerstört*“ und „*zerstört*“. Es hat sich im Laufe der Arbeit gezeigt, dass eine 3-stufige Einteilung für die Infrastruktur nicht realistisch umgesetzt werden kann. Auf Grund der Auflösung der Satellitenszene ist es auch in diesem Fall schwierig, eine „*teilweise zerstörte*“ Straße richtig zu interpretieren und einzustufen. Im Anschluss werden bestimmte Farb- und Linientypen für die einzelnen Klassen definiert. Um eine eindeutige Unterscheidbarkeit und schnelle Lesbarkeit für die Nutzer zu

gewährleisten ist es in diesem Fall empfehlenswert, zwei verschiedene Linientypen zu wählen. Für die Kategorie „*unzerstört*“ ist es beispielsweise günstig, den bereits vordefinierten durchgezogenen Linientyp beizubehalten. Die Farbgebung und Linienstärke ist nach bestmöglicher Erkennbarkeit auszuwählen, beispielsweise die Farbe Lila und die Linienstärke 4pt. Analog erhält die Klasse „*zerstört*“ einen gestrichelten Linientyp identischer Farbe und Einheit.

Das Gewässernetz wird vom Internetkartendienst OpenStreetMap (OSM) als Shape-Datei übernommen und nach Überarbeitung eingefügt. Diese Überarbeitung beinhaltet im Wesentlichen eine Generalisierung des Gewässernetzes zur Reduktion der enthaltenen Informationsmenge, wobei dieser Prozess manuell durchgeführt werden muss. Das Gewässernetz wird ähnlich wie das Straßennetz mit verschiedenen Darstellungsparametern versehen, beispielsweise der Farbe Blau mit durchgezogenen Linientypen und der Strichstärke 4pt. Auch dieser Parameter ist für den Einsatz in einem Katastrophengebiet von Bedeutung. Mit Hilfe des Gewässernetzes soll beispielsweise für die Einsatzkräfte der Hilfsorganisationen die Möglichkeit geschaffen werden, eine schnelle und effiziente Wasserversorgung vor Ort zu koordinieren.

3.2.4.7 Auswahl von Signaturen und Beschriftung in ArcScene oder ArcGlobe

Wie eingangs bereits erwähnt, ist es ein erheblicher Informationswert, wenn zusätzlich zu den Objektschadensinformationen noch weitere Signaturen in die Schnellschadenskarte integriert werden. Auch dieser Parameter stellt für die Nutzer im Feld eine wichtige zusätzliche Information bei der Krisenbewältigung dar.

Dazu stehen beispielsweise in der vordefinierten ArcMap-Signaturbibliothek eine Vielzahl von kartographischen Symbolen und Signaturen zur Auswahl. Diese sind in verschiedene Symbolklassen untergliedert, wie etwa die im Rahmen dieser Arbeit genutzten Klassen „*3D-Billboards*“ und „*ArcGIS-Explorer*“. Bei den ausgewählten Symbolen handelt es sich um universell erkennbare 3D-Symbole für relevante Objekte wie Flughäfen, Hubschrauber-Landeplätze, Hafenanlagen, Basislager, Versorgungspunkte, Wasserquellen, Krankenhäuser oder weitere relevante Örtlichkeiten (Point of Interest). In diesen Fällen ist es insbesondere wichtig, dass die

vordefinierten Symbole dreidimensional dargestellt werden können, da diese im Anschluss besonders gut erkennbar sein sollen.

In der unten stehenden Abbildung 13 wird eine Auflistung mit den genutzten Symbolen und den zugehörigen Farbvorschlägen für eine Krisenkarte aufgezeigt. ArcGlobe und ArcScene unterscheiden sich dabei in Ihrer Darstellungs- und Skalierungsform, so dass die Parameter unterschiedlich eingestellt werden müssen. Beispielsweise wurde für ArcGlobe die Einheit 25 pt und für ArcScene die Einheit 70 pt gewählt.

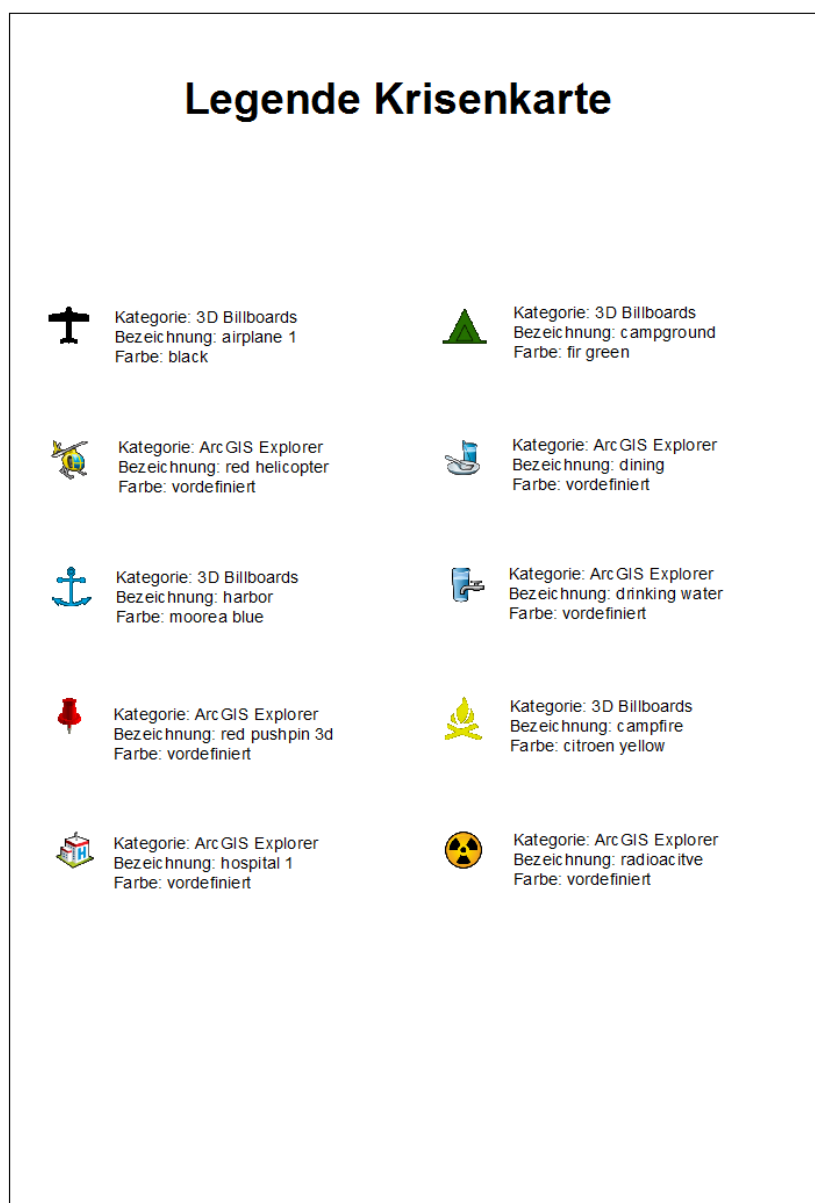


Abb. 13: Legende Krisenkarte ArcScene / ArcGlobe

3.2.4.8 Beschriftung in ArcScene / ArcGlobe

Neben den dargestellten Objekten ist eine kartographisch korrekte Beschriftung erforderlich, wobei diese ebenfalls dreidimensional dargestellt werden sollte. Die Beschriftungen werden üblicherweise auf einem separaten Layer generiert und gespeichert. Ähnlich wie bei den Objekten ist auch bei der Beschriftung eine sorgfältige Auswahl der Darstellungsparameter erforderlich. Beispielsweise wurde für den Stadtnamen von Port-au-Prince eine Schriftgröße von 50 pt und für die Straßennamen eine Schriftgröße von 20 pt als darstellungstechnisch sinnvoll ermittelt. Da es sich um eine dreidimensionale Darstellung handelt, wird die Schriftgröße hier als Darstellungshöhe der dreidimensionalen Buchstaben interpretiert. Weiterhin erhält die Schrift Angaben zu ihrer Positionierung, wobei hier insbesondere die Angabe des Z-Wertes als Maß für die Darstellungshöhe über dem Gelände zu beachten ist. Für Straßennamen, die sich oftmals hinter den visualisierten Gebäudeblöcken befinden, wird beispielsweise ein Z-Wert von 10 pt eingegeben, wodurch die Erkennbarkeit deutlich verbessert wird.

Die Beschriftung muss für die beiden Programme ArcScene und ArcGlobe separat definiert werden, da die ArcGIS-Layerdatei (Endung *.lyr) nicht in ArcGlobe geladen werden kann. Für die Extension ArcScene besteht keine Möglichkeit, Basemaps aus der ArcGIS-Onlinegalerie zu integrieren, so dass es nötig ist, Schrift in die Krisenkarte zu integrieren. Die Integration von Orts- und Straßennamen ist für den Nutzer im Feld wichtig, um eine bessere Orientierung im Krisengebiet zu schaffen.

In den folgenden Abbildungen 14 und 15, werden die beiden oben erläuterten Klassifizierungsstufen in einer fertig erstellten Krisenkarte repräsentiert. Die Darstellungen zeigen die dreidimensionalen Gebäudeblöcke in den beiden genannten Klassen, die Infrastruktur- und Gewässerlayer, sowie die ausgewählten Signaturen und Schriften, in der Extension ArcScene.

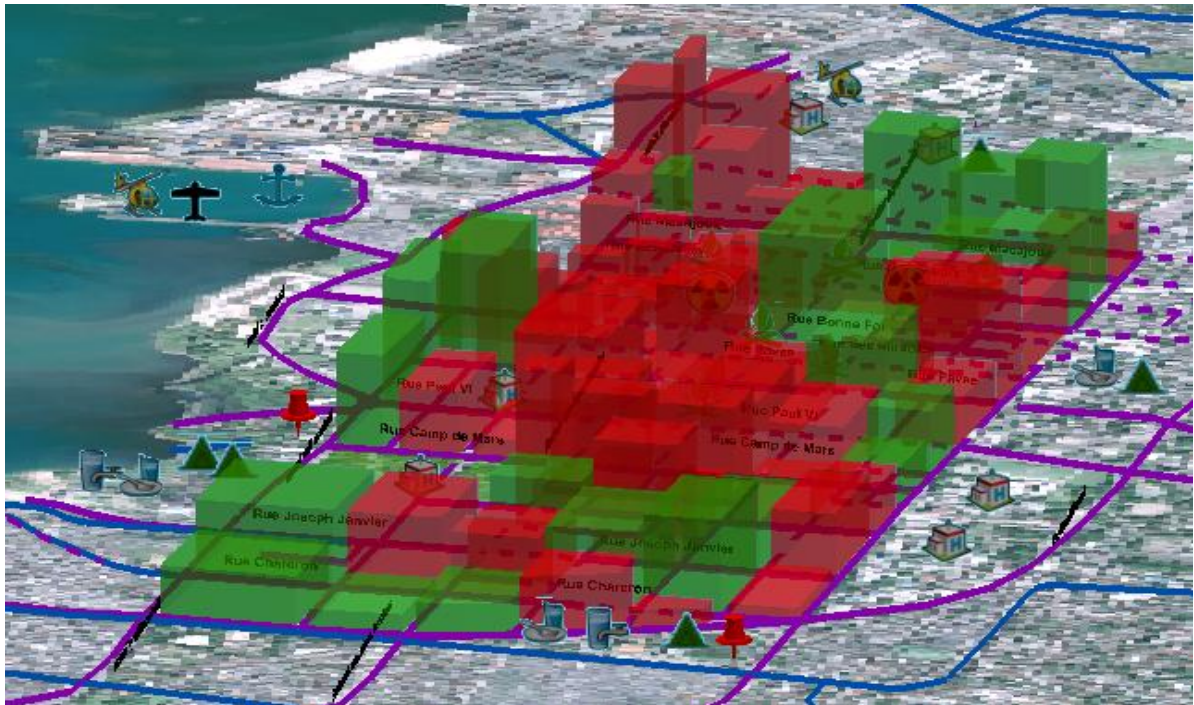


Abb. 14: Ergebnis ArcScene 2 Klassendarstellung

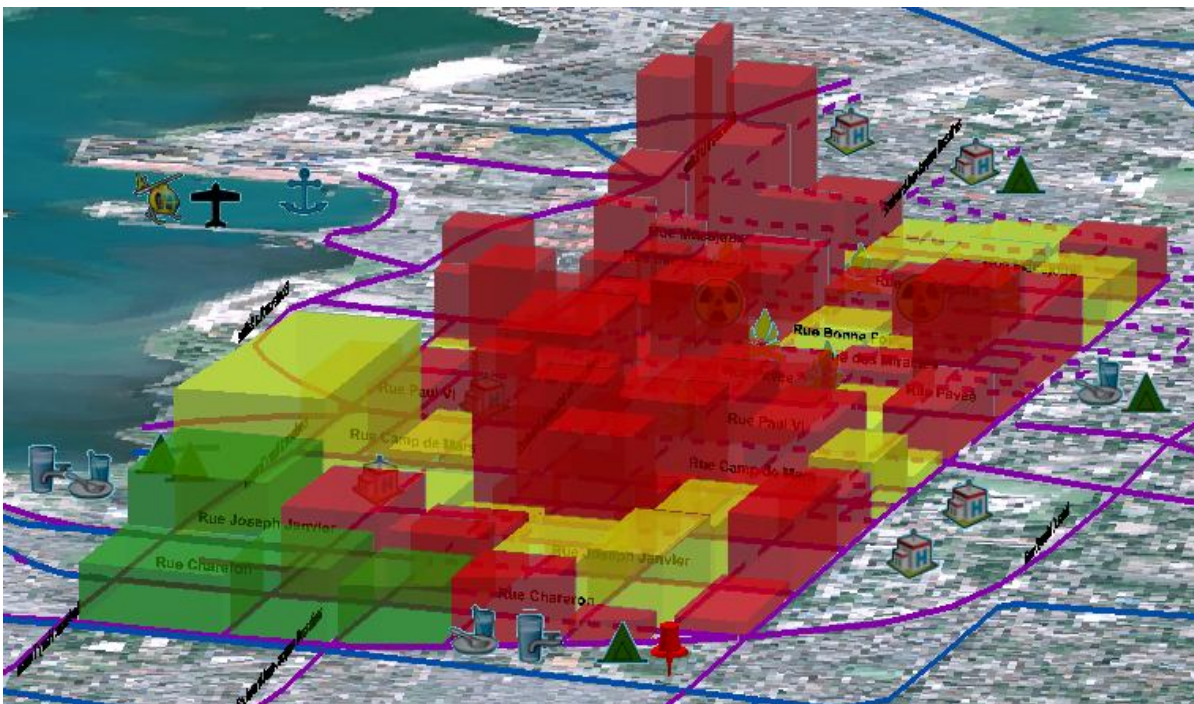


Abb. 15: Ergebnis ArcScene 3 Klassendarstellung

In den beiden oben gezeigten Abbildungen wird ein gravierender Nachteil von ArcScene ersichtlich. Das Satellitenbild wird in einer Auflösung dargestellt, in der es für die Interpretation der Erdbebenschäden unbrauchbar ist, weshalb die zweidimensionale Erstellung mit dem Programm ArcMap erfolgen muss. Was hier jedoch positiv ins Auge fällt, ist die gute Darstellung der Volumenkörper.

Weiterhin wird in den Abbildungen deutlich, dass sowohl die 2-stufige als auch die 3-stufige Klassendarstellung aufgrund ihrer Farbgebung für den Nutzer einfach und schnell interpretierbar sind und somit ein gutes Ergebnis für die dreidimensionale Visualisierung eines Katastrophengebietes darstellen. Um eine gute Lesbarkeit der Infrastruktur- und Gewässerlayer, der Signaturen und Schrift sowie die klare Abgrenzung der einzelnen Volumenkörper zu unterstreichen, wurden die einzelnen Gebäudeblöcke transparent geschaltet.

Die Darstellung in ArcGlobe weißt in der Visualisierung und Farbgebung der Volumenkörper, der Darstellung der Infrastruktur- und Gewässerlayer sowie der Erkennbarkeit der Signaturen und Beschriftung keine Unterschiede zu ArcScene auf. Jedoch bleibt die Auflösung der Satellitenszene in der Extension ArcGlobe erhalten, wodurch die zweidimensionale Erstellung ebenfalls in diesem Unterprogramm erfolgen kann.

Eine ausführliche Beschreibung und Darstellung der Vor- und Nachteile der beiden Extension ArcScene und ArcGlobe erfolgt im Kapitel 4.

3.3 Virtuelle Flüge

3.3.1 Nutzung Virtueller Flüge in ArcScene und ArcGlobe

Zur Präsentation der Gesamtauswirkungen einer Erdbebenkatastrophe in Form eines Kurzfilms besteht die Möglichkeit einen virtuellen Rundflug mit anschließender Videosequenzgenerierung in ArcScene oder ArcGlobe zu erstellen. Im Folgenden wird dazu die Sequenzerstellung mittels ArcScene beschrieben. Die Sequenzerstellung mittels ArcGlobe erfolgt analog.

Prinzipiell werden mehrere Möglichkeiten zur Animationserstellung angeboten.

- Erfassen perspektivischer Ansichten
- Echtzeitaufnahme von Benutzernavigationen
- Erstellen von Schlüsselbildern
- Verwenden von Lesezeichen zum Erstellen einer Animation
- Bewegen der Kamera oder der Ansicht entlang eines Pfades

Nach umfassendem Test aller Möglichkeiten stellten sich die Methoden *„Erfassen perspektivischer Ansichten“* und *„Echtzeitaufnahme von Benutzernavigationen“* als bestmögliches Ergebnis für die Umsetzung heraus.

Die Methoden *„Lesezeichenerstellung“* sowie *„Schlüsselbilderstellung“* zur räumlichen Speicherung von Schlüsselbildinformationen sind zur Erstellung einer durchgehenden Animation ungeeignet und nur als Ergänzung und Optimierung von bestehenden Videosequenzen nutzbar.

Bei der Methode *„Bewegung der Kamera entlang eines Pfades“* ist zunächst die zeitaufwendige Erstellung eines Flugpfades erforderlich. Nach der Erstellung muss dieser Flugpfad in einem iterativen Prozess schrittweise optimiert werden, um die Ergebnisqualität auf ein akzeptables Niveau zu bringen. Die gesamte Methode ist folglich zu zeitintensiv für eine Schnellschadenskartierung.

Im Anschluss werden die zwei als geeignet erkannten Methoden hinsichtlich ihrer technischen Umsetzung ausführlich beschrieben. Zunächst erfolgt eine kurze Erläuterung der verschiedenen Kamerapositionen mit anschließender Beschreibung der geeigneten Methoden.

3.3.1.1 Kamerasicht- und -Position in ArcScene und ArcGlobe

In ArcScene und ArcGlobe sind die im Viewer dargestellten Ansichten und die Kamera zur Aufnahme der Animation prinzipiell identisch. Die Kameraposition entspricht demzufolge der Beobachterposition und der Fokus des Blickfeldes entspricht dem Blick zum Aufnahmeziel. Durch Festlegen von Aufnahmeeigenschaften wie Neigung, Azimut und Rollwinkel kann die Kamera in verschiedenen Winkeln zum Ziel ausgerichtet werden, ohne den Betrachterstandpunkt zu verändern.

3.3.1.2 Aufnahmen perspektivischer Ansichten

Das Vorgehen zur Erstellung einer Animation mittels der Methode „*Erfassen perspektivischer Ansichten*“ gestaltet sich nun folgendermaßen: Zunächst müssen die verschiedenen, als Stützpunkte der Animation genutzten Betrachtungspositionen eingestellt werden. Dies geschieht durch Anklicken des in der Werkzeugleiste „*Animation*“ befindlichen Buttons „*Ansicht aufnehmen*“, was ein Schlüsselbild der späteren Kameraspur erzeugt.

Ein Schlüsselbild ähnelt einem Schnappschuss der vorab gewählten Kameraposition. Das Programm berechnet aus diesen Schlüsselbildern mittels Interpolation eine weiche und fließende Animation zwischen den einzelnen Schlüsselbildern. Erwähnenswert ist noch, dass durch das Erfassen perspektivischer Ansichten lediglich die Kamerasicht, nicht jedoch der Inhalt der Ansicht (Daten) gespeichert wird. Nach Erfassung aller Schlüsselbilder können diese über den Animations-Manager verwaltet und editiert werden, was beispielsweise die Vorschau und Veränderung von Kameraspuren, sowie die Eigenschaftsverwaltung der Schlüsselbilder beinhaltet.

Hier können insbesondere Eigenschaften wie die Bezeichnung, die Zielangaben, oder der Roll- und Neigungswinkel geändert werden. Eine wichtige Hilfe stellt die Registerkarte „*Zeitansicht*“ dar. Hier sind zunächst die Spuren mit den darauf folgenden Schlüsselbildern innerhalb des normalisierten Animationszeitraums von 0,00 – 1,00 festgelegt. Es besteht die Möglichkeit der Sequenzdefinition und der zeitlichen Steuerung. Eine weitere Möglichkeit zur Änderung der Animationsdauer ist die Definition unterschiedlicher Animationsgeschwindigkeiten. Ist das Erstellen und Festlegen der Zeitangabe und Schlüsselbildsequenzen abgeschlossen, so kann die Sequenz schließlich in ein beliebiges Videoformat exportiert werden.

3.3.1.3 Echtzeit-Navigation

In diesem Abschnitt wird die zweite praktikable Aufnahmevariante, die Aufnahme einer Echtzeit-Navigation, beschrieben. Hier navigiert der Benutzer selbständig über das visualisierte Erdbebengebiet und erzeugt dadurch bereits die Videosequenz, ohne die Notwendigkeit einer voreingestellten Schlüsselbilderzeugung.

Die Aufnahme der Kameraspur erfolgt dabei über die Werkzeugleiste „*Animation*“ mit der Option „*Animationssteuerelemente*“. Bei der Aufnahme der Animation wird zur Steuerung das Tool „*Flug*“ aus der Werkzeugleiste „*Werkzeuge*“ verwendet. Der Viewer wird bei Aufnahmebeginn zunächst in die Startposition der Animation navigiert. Nach Aktivierung des Aufzeichnungsbeginns kann direkt mit dem nutzergesteuerten Flug über das aufzunehmende Erdbebengebiet begonnen werden. Die so abgeflogene Aufnahmesequenz steht anschließend als Animationsspur zur Verfügung. Diese kann nach erfolgter Nachbearbeitung zunächst als ArcScene-Animationsdatei mit der Endung *.asa oder als ArcGlobe-Animationsdatei mit der Endung *.aga gespeichert werden. Ein anschließender Export in ein Videoformat ist analog zu den anderen Methoden möglich. [vgl. ARCGIS-ANIMATION-WS]

3.3.1.4 Kartographische Ergänzungen der Animation

Um eine Animation im Speziellen für die Krisenkartierung des ZKI zu visualisieren, wird zusätzlich das Servicelogo sowie eine Legende zur Erklärung der dargestellten Symbole intergiert und während des Überfluges eingeblendet.

3.4 Der Virtuelle Globus von ESRI – ArcGIS-Explorer

3.4.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche

In diesem Teil der Arbeit wird das kostenlos zur Verfügung stehende Programm ArcGIS-Explorer in Bezug auf die Eignung zur Erstellung und Visualisierung von Krisenkarten näher erläutert. Dieses Programm stellt ein client-basiertes System in Form eines virtuellen Globus dar und kann als Downloadpaket über die ESRI-Internetseite heruntergeladen und installiert werden. Als Hauptdatenquelle bedient sich der ArcGIS-Explorer an dem von ESRI zur Verfügung gestellten ArcGIS-Online-System (ArcGIS-Server).

Auch in diesem Fall werden zunächst die Benutzeroberfläche und die Funktionalität der Anwendung näher erläutert. Der Standardbildschirm von ArcGIS-Explorer ist in drei Hauptsegmente unterteilt (Abb. 16). Die Menüleiste, die die verschiedenen Funktionalitäten beinhaltet, das Inhaltsverzeichnis zur Layerverwaltung und das Darstellungsfenster, in dem das Kartenmaterial, eine Statuszeile und Navigationselemente angezeigt werden.

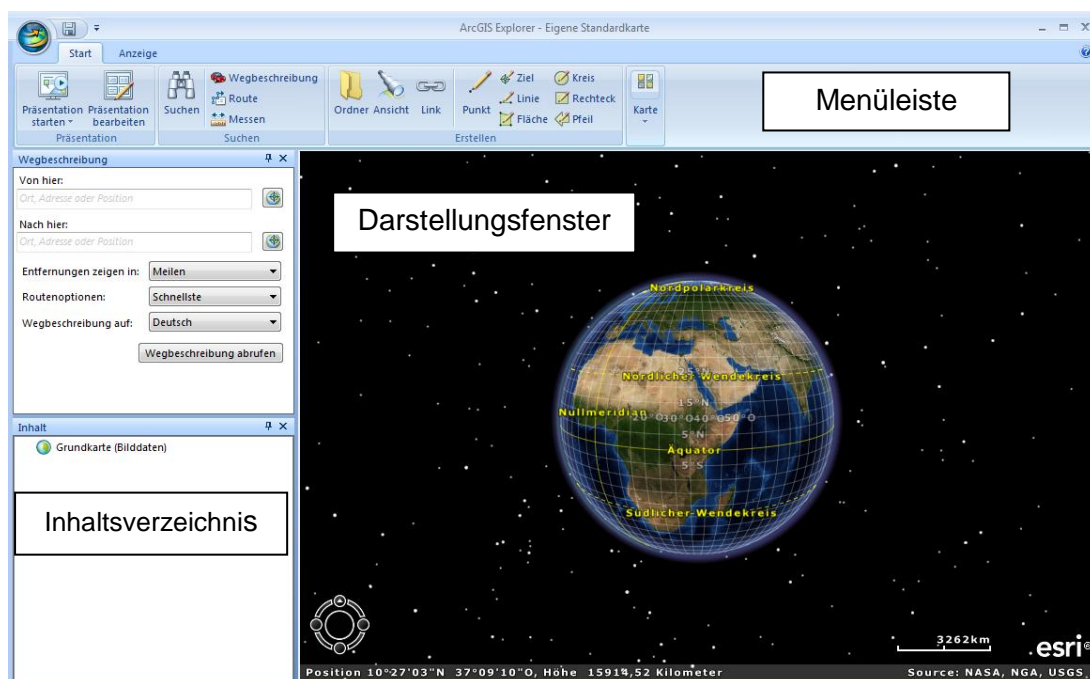


Abb. 16: Überblick ArcGIS-Explorer Desktop Oberfläche

Die Menüleiste bietet die wesentlichen Programmfunktionen. Insbesondere ist es dem Nutzer über diese Leiste möglich, zwischen einer zwei- oder dreidimensionalen Darstellung zu wechseln. Weiterhin besteht die Möglichkeit, bereits integriertes

Kartenmaterial, wie beispielsweise weltweite Straßenkarten von OSM oder Bing Maps (BM), über den virtuellen Globus zu drapieren oder als zweidimensionale Kartenansicht anzuzeigen. Ebenso ist die Verwaltung gewisser 3D-Effekte wie der Sonnenverlauf oder Darstellung von Nebel möglich. Zusätzlich bietet die Menüleiste weitere zahlreiche integrierte Funktionen, wie beispielsweise eine Suchfunktion zum lokalisieren bestimmter Ziele auf einer Karte, eine Routenfindung mit Entfernung- und Zeitangaben, sowie eine Präsentationsfunktion [vgl. ARCGIS-EXPLORER-WS].

3.4.2 3D-Visualisierung mit ArcGIS-Explorer

Für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Aufgabenstellung ist das client-basierte System ArcGIS-Explorer nur bedingt geeignet. Prinzipiell ist es möglich, dreidimensionale Objekte im ArcGIS-Explorer zu integrieren und diese in ArcGIS-Server zu repräsentieren. Allerdings ist mit dieser Anwendung keine sinnvolle Schnellschadenskartierung im Sinne der Aufgabenstellung zu erreichen.

Um eine 3D-Visualisierung zu ermöglichen, müssen zunächst mit einer zusätzlichen 3D-Software Gebäudeblöcke als dreidimensionale Objekte erzeugt werden. Diese Objekte werden in separate Shape-Dateien mit dem Geometrietyp Multipatch-Feature integriert. Multipatch-Feature bezeichnen Objekte, die Muster, Texturen, Farben oder geometrische Informationen enthalten. In allen Multipatches ist der Z-Wert gespeichert. Bei diesen Objekten handelt es sich hierbei nicht um einfache Volumenkörper, vielmehr kommen hier fotorealistische, komplexe Modelle zum Einsatz. Aufgrund der zeitlichen Präsenz der Schadensanalyse eines Erdbebengebietes, ist es in einem Katastrophenfall nicht möglich, real-modellierte Gebäude zu erstellen und anschließend in einer Krisenkarte zu integrieren.

Der wesentliche Einsatz- und Anwendungsbereich beläuft sich in diesem Fall auf das Erstellen eines Unternehmens-, Stadt- oder Freizeitportals in ArcGIS-Explorer, sowie der anschließenden Repräsentieren in ArcGIS-Server. Beispielsweise wird ein Stadtplan von Zürich, ein Europäischer Meeresatlas, sowie ein Tourismusportal von Schleswig-Holstein repräsentiert.

3.5 Visualisierungsmöglichkeiten mit Google Earth

3.5.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche

Der nächste Abschnitt beschäftigt sich mit der Nutzbarkeitsuntersuchung der verbreiteten Anwendungsplattform Google Earth von dem US-Unternehmen Google. Dieses System stellt eines der weitverbreitesten 3D-Geoinformationssysteme für Endanwender dar. Es ermöglicht dem Nutzer die nähere Erkundung seiner Umwelt, aber auch virtuelle Reisen in sämtliche Länder und Regionen der Erde. Durch die innovative Darstellung von Geoinformationen auf einem virtuellen Globus wurde die Interaktivität der Geoinformationsdarstellung in kurzer Zeit zum weltweiten Medienthema und Google Earth (GE) zu einer zentralen Internetanwendung für zahlreiche Nutzer. Die Plattform basiert auf einem zunächst von dem Unternehmen Keyhole Corp entwickelten System, welches im Jahre 2004 von Google übernommen und in Google Earth umbenannt wurde. Die Standardausführung stellt ein client-basiertes System dar und kann vom Nutzer einfach, schnell und kostenlos von der Google Internetseite als Downloadpaket heruntergeladen und installiert werden. Der Nutzer benötigt hierfür lediglich einen Rechner mit ausreichender Speicherkapazität, eine ausreichende Grafikbeschleunigung und eine schnelle Internetverbindung zum Nachladen des Kartenmaterials. Neben dieser Basisversion existieren kostenpflichtige erweiterte Versionen, die dem Nutzer einen erweiterten Funktionsumfang bieten.

Über Google Earth sind georeferenziert Geländemodelldaten, Luft- und Satellitenbildaufnahmen, sowie Karten- und Vektordaten aus verschiedenen Bereichen, wie beispielsweise Straßen- und Tourismusinformationen, lizenzfrei verfügbar. Die Luft- und Satellitenbilder sind laut Unternehmensangabe nicht älter als 3 Jahre und liegen größtenteils mit einer Auflösung von 15 m pro Pixel vor. Eine höhere Auflösung bieten die Ballungsgebiete mit ca. 15 cm pro Pixel. In ländlichen Regionen ist die Auflösung deutlich niedriger. Diese Gebiete sollen jedoch in naher Zukunft ebenfalls hochauflösend zur Verfügung gestellt werden.

Als Hauptdatenquelle bedient sich Google bei den Rasterbildern aus dem Datenbestand der Firma Digital Globe, die einen kommerziellen Satelliten zur Erdbeobachtung Namens QuickBird 2 betreibt, der hochauflösende Aufnahmen mit einer Auflösung von bis zu 60 cm pro Pixel liefert. Zu den verwendeten Daten des

Digitalen Geländemodells gibt es keine offiziellen Auskünfte. Es wird eine Zylinderprojektion im Bezugssystem WGS 84 für die Anzeige und Eingabe der Koordinaten verwendet. Auch die 3D-Visualisierung spielt in diesem Geoinformationssystem eine zunehmend größer werdende Rolle. Es besteht beispielsweise inzwischen die Möglichkeit, komplexe 3D-Modelle von Gebäuden als Layer über eine Ebenenverwaltung hinzu zu schalten [vgl. POMASKA, 2007].

Als Einstieg in die Anwendung wird zunächst die Benutzeroberfläche und die Funktionalität erläutert. Der Standardbildschirm von GE ist in drei Hauptsegmente unterteilt (Abb. 17). Die Menüleiste in Windows-Optik, die Seitenleiste, welche in die Sektionen *SUCHEN*, *ORTE* und *EBENEN* unterteilt ist, sowie das Darstellungsfenster, in dem die virtuelle Erde, eine Statuszeile und der Kompass angezeigt werden. Wird der Kompass angefahren, erweitern sich seine Funktionalität um weitere Navigationselemente.

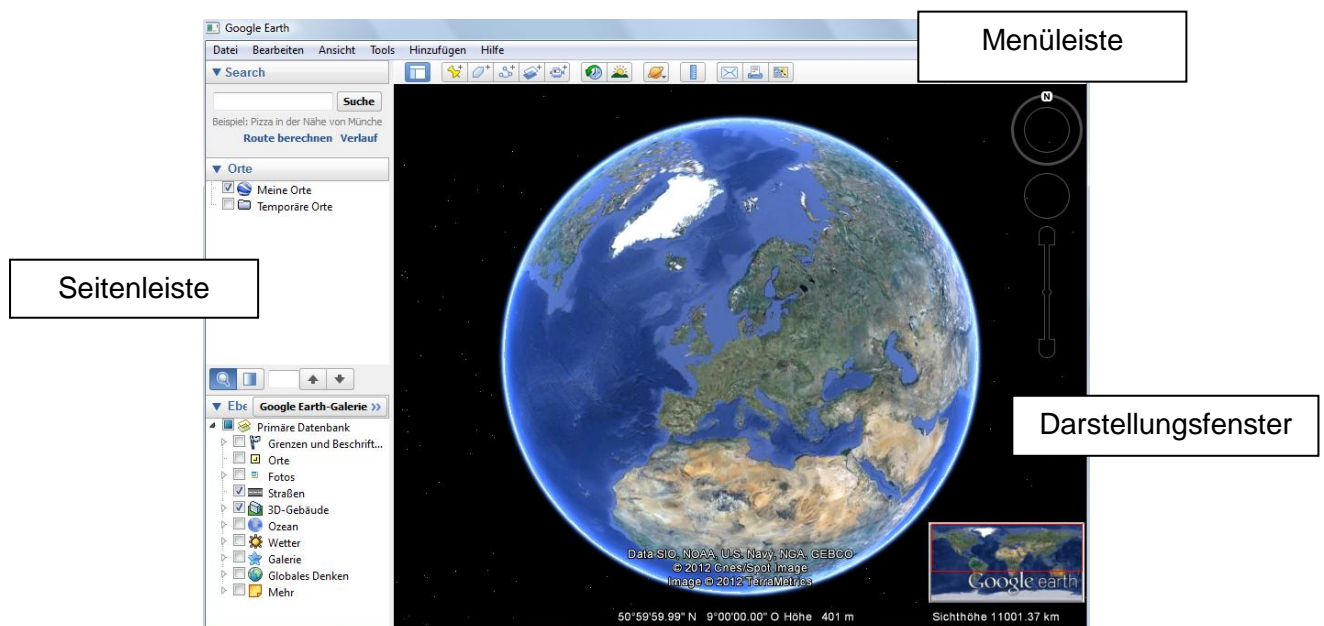


Abb. 17: Überblick Google Earth Desktop Oberfläche

Weiterhin bietet die Anwendung zahlreiche Funktionalitäten. Einer der wichtigsten Funktionen stellt hierbei der Bereich *SUCHEN* dar. Unter dem Reiter „Anfliegen“ können Adressen, Orts- und Straßennamen, Postleitzahlen oder geographische Koordinaten eingegeben werden, die selbständig angeflogen werden. Weiterhin

können unter anderem Firmen, öffentliche Einrichtungen sowie weitere von Nutzer definierte Punkte weltweit lokalisiert werden. Als letzte Option ist hier der „*Routenplaner*“ zu nennen, der die Möglichkeit einer Routenfindung mit Entfernungs- und Zeitangaben bietet. Die Ergebnisse erscheinen nach dem Anfliegen der Position als Icons, die alle Zusatzinformationen, wie beispielsweise die Adressangabe, Links, Telefonnummern sowie die genaue Wegbeschreibung des Routenplaners verfügbar macht.

Das Fenster *ORTE* ermöglicht den Schnellzugriff auf vordefinierte oder vom Nutzer angegebene Positionen oder Objekte. Der Bereich *EBENEN* verwaltet die bereits von GE vordefinierten georeferenzierten Layerstrukturen, welche bei Bedarf zu- oder abgeschaltet werden können. Zu den interessantesten Layern für diese Arbeit gehören „*Grenzen und Beschriftung*“, „*Straßen*“ und nicht zuletzt „*3D-Gebäude*“.

Die klassische Menüleiste der Anwendung mit den Reitern „*Datei*“, „*Bearbeiten*“, „*Ansicht*“, „*Tools*“, „*Hinzufügen*“ und „*Hilfe*“ erinnert an ein Windowsprogramm. Hier können Funktionen, wie zum Beispiel das Hinzufügen eines Gitternetzes, einer Übersichtskarte oder das Starten eines Flugsimulators, verwaltet werden.

Für die im Rahmen dieser Arbeit definierte Aufgabenstellung wurde mit Hilfe des Programm Google Earth versucht, eine Möglichkeit zu finden, um eine einfache und schnelle dreidimensionale Visualisierung von Erdbebenschäden zu ermöglichen. Auch in dieser Methode erfolgt eine Darstellung der Erdbebenschäden mit Hilfe generierter Gebäudeumrisse pro Block in Form von Polygonen. Analog zu ArcGIS muss die Fernerkundungsszene ausgewertet und die Häuserblöcke an Hand eines Schadenbildes klassifiziert werden. Im Folgenden werden die beiden Möglichkeiten „*Die direkte 2D-Erstellung mit anschließender 3D-Visualisierung in der Software GE*“ sowie die „*2D-Erstellung mittels Fremdsoftware mit anschließender 3D-Visualisierung in GE*“ erläutert. Auch hier wird eingangs auf die technische Generierung mit anschließender kartographischer Visualisierung Bezug genommen.

3.5.2 Vorgehensweise zur Erstellung einer Krisenkarte

3.5.2.1 2D-Erstellung in Google Earth; 3D-Visualisierung in Google Earth

Im nächsten Abschnitt werden die erforderlichen Arbeitsschritte zur Erstellung einer Schnellschadenskarte mit der Software GE aufgezeigt. Zunächst wurde die Möglichkeit getestet, direkt im Anwendungsprogramm GE eine 2D-Erstellung mit anschließender 3D-Visualisierung, in Form von quadratischen Volumenkörpern (Gebäudeblöcke) der Erdbebenschäden zu erstellen. Der wesentliche Vorteil ist hier die Nutzung einer frei verfügbaren, schnell zu installierenden und einfach zu bedienenden Software. Um eine Darstellung zu ermöglichen, muss jedoch zunächst die Interpretation des Katastrophengebietes anhand eines Satellitenbildes erfolgen. Dazu müssen die Rasterdaten nach GE importiert werden. Bereits bei diesem ersten Schritt werden die Mängel der Basisversion deutlich. Da hochauflösende Fernerkundungsszenen meist eine Datenmenge von 1 GB und mehr umfassen, führt ein derartiger Import oftmals zu einem Programmabsturz des Google-Earth-Clients. Um einen einwandfreien und schnellen Import der Fernerkundungsdaten zu gewährleisten, ist es nötig, eine KML-Datei (Keyhole Markup Language) mit Hilfe einer geeigneten Fremdsoftware zu erzeugen. Eine weitere Einschränkung stellt weiterhin die Tatsache dar, dass die Basisversion von GE ein geladenes hochauflösendes Satellitenbild nicht in seiner ursprünglichen Auflösung darstellen kann, so dass eine branchenübliche Software für die Auswertung der Satellitenszene herangezogen werden muss.

Trotz dieser gravierenden Nachteile ist das Programm grundsätzlich zur Erstellung und Visualisierung der Erdbebenszenarien geeignet, was in den folgenden Schritten erläutert wird. Bevor mit der Definition, der die Häuserblöcke repräsentierenden Polygone begonnen werden kann, muss zunächst ein neuer lokaler Ordner zur Speicherung der Geometrie erstellt werden. Anschließend wird die eigentliche Geometrie generiert, wobei gleichzeitig auch die zugehörigen Beschreibungen, Stile und Farben definiert werden. Ein besonders wichtiger Parameter ist der Höhenwert. Die Einstellungen hier entscheiden, ob das Polygon am Erdboden gebunden ist, schwebend im Raum dargestellt wird, oder auch, was für die spätere Darstellung das bedeutendste Kriterium ist, einen dreidimensionalen Körper repräsentiert. Auch bei der Geometriedefinition wird deutlich, dass das kostenlose Programm GE Nachteile

mit sich bringt. Jedes Polygon muss einzeln angelegt und erzeugt werden, eine automatische Gruppengenerierung ist nicht möglich.

Zur Erzeugung einer 3D-Darstellung muss nun der beim Erstellen generierte KML-Code editiert werden. Dieser Code enthält unter anderem für jeden platzierten Stützpunkt eine X- Y- und Z-Koordinate in Form einer strukturierten Beschreibungssprache. Im Folgenden wird deshalb kurz auf die Beschreibungssprache KML eingegangen.

3.5.2.2 Die Beschreibungssprache KML

Die Keyhole Markup Language (KML) wurde ursprünglich von der Firma Keyhole entwickelt. Es ist eine auf XML (Extensible Markup Language) basierende Beschreibungssprache zur Definition geographischer Objekte und deren graphischer Repräsentation. KML 2.2, die aktuelle Version, unterstützt grundlegende Geometrieelemente wie Punkte, Linien, Flächen oder Kamerapositionen. Die geometrische Ausprägung von Objekten wird in einer HTML-ähnlichen (Hypertext Markup Language) TAG-Struktur definiert. In der folgenden Abbildung 18, ist der Ausschnitt aus der KML-Struktur eines in Google Earth erstellten Polygons zu sehen.

```
<Document>
  [...]
  <Polygon>
    <outerBoundaryIs>
      <LinearRing>
        </coordinates>
        -72.34555148433303, 18.54001014010169, 0
        -72.34596896327373, 18.5381785670735, 0
        -72.34476292301216, 18.53791257419223, 0
        -72.34430523384269, 18.53972373673239, 0
        -72.34555148433303, 18.54001014010169, 0
      </coordinates>
    </LinearRing>
  </outerBoundaryIs>
</Polygon>
</Document>
```

Abb. 18: KML-Code Polygon GE

Für das Editieren dieses Codes sind keine Programmierkenntnisse erforderlich, es genügt das geographische Problemverständnis. Unter dem Tag „*Koordinaten*“ sind beispielsweise die X-, Y- und Z-Werte für jeden Punkt des Polygons gespeichert. Die Z-Koordinate enthält in diesem Beispiel den Wert Null für jeden Punkt. Um ein dreidimensionales Objekt zu erzeugen, muss nun dieser Wert entsprechend geändert werden. Es wird eine blockbasierende Darstellung gewählt, was bedeutet, dass die Anzahl der zerstörten Gebäude pro Block als Z-Wert definiert werden. Auch hier zeigt diese Methode wieder die Schwachstelle der geringen geometrischen Auflösung der von GE darstellbaren Satellitenszene. Dies macht eine manuelle Interpretation der zerstörten Gebäudeblöcke mit einer externen Software erforderlich. Die Änderung der KML-Höhenwerte erfolgt durch manuelle Eintragung der extern gewonnen Werte. Die editierte Datei wird schließlich mit der Endung *.kml gespeichert und der veränderte Code in GE geladen. Abschließend wird die dreidimensionale Visualisierung aktiviert, wobei hier die Höhenangaben relativ zum Erdboden mit bis zum Erdboden durchlaufenden Visualisierungskanten dargestellt werden sollen.

3.5.2.3 2D-Erstellung mittels Fremdsoftware; 3D-Visualisierung in Google Earth

Bedingt durch die oben genannte Schwachstelle des Programms GE in Bezug auf die ausreichende detaillierte Darstellung von Rasterdaten wird im Folgenden noch eine weitere Methode zur Erzeugung von Schadenskarten mittels GE vorgestellt. Sie beinhaltet den Einsatz eines weiteren Softwaretools, in diesem Fall ArcMap, um eine schnellere und leichtere Datenvorbereitung zur Visualisierung in Google Earth zu ermöglichen. Bei dieser Methode erfolgt also zunächst die oben beschriebene Interpretation und Analyse des Erdbebengebietes mit Hilfe einer in ArcMap bearbeiteten Satellitenbildszene mit dem Ergebnis einer zweidimensionalen Schadensdarstellung. Um die so erzeugten Shapefiles in GE darstellen zu können, muss mit Hilfe einer von ArcMap bereitgestellten Funktion eine KML-Datei aus den erstellten Polygonen erzeugt werden. Dieses KML-File wird nun in GE importiert und kann, wie bereits oben erwähnt, in GE dreidimensional dargestellt werden.

Auch diese Methode beinhaltet einen deutlichen Nachteil. In GE werden nach und nach einzelne Polygone angelegt, gezeichnet und anschließend gespeichert. In ArcGIS werden dagegen alle erzeugten Umrisse in Form einer Attributtabelle mit definierter Speicherstruktur innerhalb eines Shapefiles angelegt. Wird nun dieses Shapefile in KML konvertiert, so werden alle gespeicherten Polygone in eine einzige KML-Datei geschrieben. Der Ersteller hat nun kaum noch die Möglichkeit, die einzelnen gespeicherten Polygone zu unterscheiden und hat auch keine Kenntnis darüber, welche Z-Koordinate nun zu welchem Häuserblock und zu welchem Schadensumfang gehört. Um dieses Problem zu umgehen, müsste der Nutzer nun für jedes Polygon ein separates Shapefile anlegen um die genauen Gebäudeschäden in Form der Z-Koordinate zuordnen zu können. Dies wiederum erfordert einen höheren Zeitaufwand.

3.5.4 Visualisierungsparameter und Ihre Auswirkungen in Krisenkarten

3.5.4.1 Kartographische Ansichten erzeugen

Um auch hier eine kartographische Visualisierung der Kriseninformation zu gewährleisten, müssen ebenfalls in dieser Methode Infrastruktur- und Gewässerlayer, sowie weitere kartographische Signaturen und Schrift für die Schnellschadenskartierung eingebunden werden. Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Visualisierung dieser Elemente näher erläutert. Auf die Auswirkung verschiedener Klassifizierungsstufen der Gebäudeblöcke, der Infrastruktur- und Gewässerlayer wird in diesem Teil der Arbeit nicht explizit eingegangen, da diese, wie bereits in der Methode ArcGIS (siehe Kapitel 3.2.4.2 – 3.2.4.6) beschrieben, übernommen werden können.

3.5.4.2 Infrastruktur- und Gewässernetz

Das Erstellen der Straßenlayer basiert auf 2 unterschiedliche Methoden. Die erste Methode beschreibt die direkte Erstellung mit der Software Google Earth. Das Erzeugen der Geometrie erfolgt in gleicher Weise, wie bereits im Abschnitt 3.5.2.1 erläutert wurde.

Jedoch stellt diese Methode einen entscheidenden Nachteil dar. Auch hier werden im Anschluss bestimmte Farb- und Linientypen für die einzelnen Klassen definiert. GE bietet keine Möglichkeit zwischen verschiedenen Linientypen zu unterscheiden, so dass eine Differenzierung anhand verschiedener Farbtypen erfolgen muss. Auch hier muss eine Auswahl nach bestmöglicher Erkennbarkeit getroffen werden. Für die Kategorie „*unzerstört*“ ist es beispielsweise günstig, die Farbe Grau, für die Kategorie „*zerstört*“ die Farbe Lila zu wählen. Dankbar wäre auch eine Unterscheidbarkeit anhand der Linienstärke durchzuführen.

Die zweite Methode beschreibt die Erstellung mittels Fremdsoftware. In diesem Fall werden die Infrastrukturlayer mittels der Software ArcMap erstellt, kartographisch visualisiert und anschließend als KML-Datei konvertiert. Das erzeugte KML-File speichert die in ArcMap angegebenen Farb- und Linientypen, was diese Methode unterstreicht.

Analog zu ArcMap wird das Gewässernetz vom Internetkartendienst OSM als Shape-Datei übernommen, mittels ArcMap generalisiert, konvertiert und anschließend in GE geladen. Da die Infrastruktur- und Gewässerlayer in zweidimensionaler Form dargestellt werden, bleibt eine Nachbearbeitung aus.

3.5.4.3 Auswahl von Signaturen und Beschriftung in Google Earth

Um die Nutzerinformation der Schadenskarte zu gewährleisten, muss auch in dieser untersuchten Methode eine Integration von Signaturen und Beschriftungen erfolgen. In der Software GE steht keine für eine Krisenkartierung wichtige Symbologie zur Verfügung. Auch hier erfolgt eine Auswahl der in Abschnitt 3.2.4.7 ausgewählten Signaturen über die Symbolbibliothek in ArcMap mit anschließender KML-File Konvertierung und Integration in GE.

Die Konvertierung der erstellten Schrift in ArcMap ist nicht möglich, so dass auf bereits vordefinierte Orts- und Straßenlayer in GE zurückgegriffen werden muss. Für das Testgebiet Haiti steht eine detaillierte zweidimensionale Beschriftung der Infrastruktur zur Verfügung.

3.5.4.4 Darstellung der 3D-Gebäudeschäden in Google Earth

Im Folgenden sollen nun noch die Visualisierungsergebnisse der beiden oben beschriebenen Methoden veranschaulicht werden. Die Abb. 19 zeigt zunächst das Ergebnis der direkten Erstellung in Google Earth.

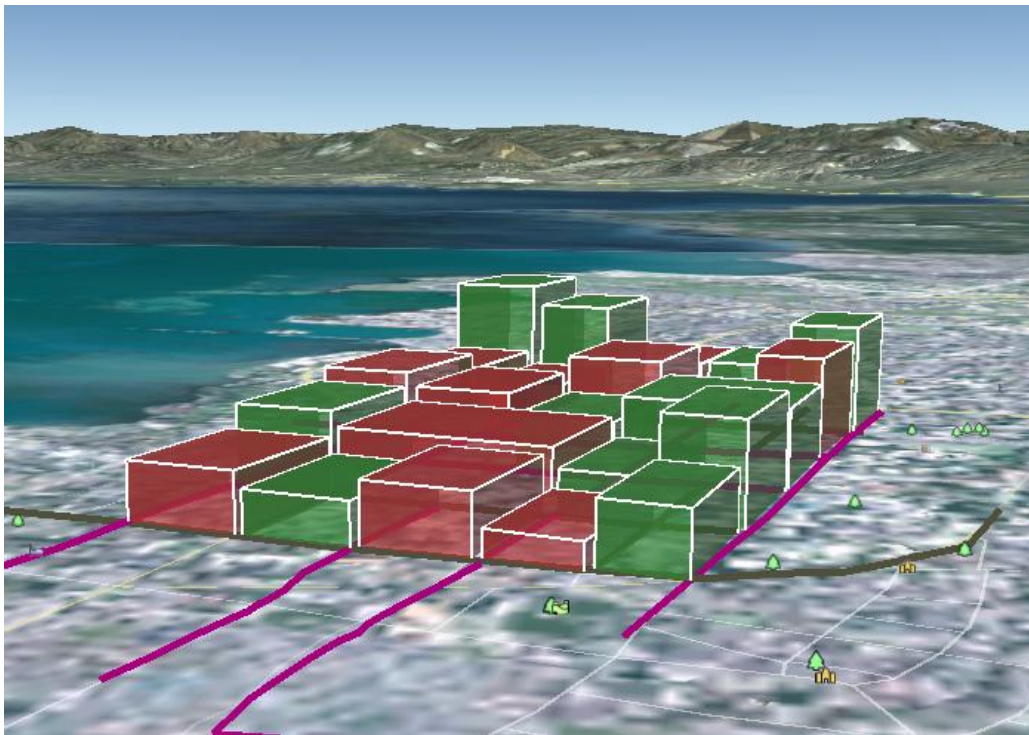


Abb. 19: 3D-Visualisierung mittels GE

Hier wird der bereits erwähnte Nachteil der Basisversion sichtbar. Das Satellitenbild wird in einer Auflösung dargestellt, in der es für die Interpretation der Erdbebenschäden unbrauchbar ist, weshalb ein weiteres Softwaretool hinzugezogen werden muss. Was hier jedoch positiv auffällt ist die klare Darstellung der Kantenstruktur der Polygone. Im Programm GE besteht die Möglichkeit, die Kanten der Polygonumrisse darzustellen und so eine klare Abgrenzung zwischen den einzelnen Gebäudekomplexen zu ermöglichen.

In GE besteht die Möglichkeit, Straßenlayer des Erdbebengebietes einzublenden, jedoch stellen diese die Straßenverhältnisse vor dem Erdbeben dar. Es müssen demzufolge neue Layer für die Visualisierung der zerstörten Straßengebiete erzeugt werden. Die Erstellung der Infrastruktur erfolgt danach in gleicher Weise wie die

Erstellung der Polygone, jedoch bietet das Programm GE keine Möglichkeit, unterschiedliche Styles zu definieren. Lediglich die Definition unterschiedlicher Linienfarben ist möglich. Hier wurde beispielsweise für die Klasse „zerstörte Infrastruktur“ die Farbe Lila für die Klasse „Intakte Infrastruktur“ die Farbe Grau eingesetzt. Die Linienstärke wurde mit der Einheit 5 pt gewählt. Es besteht keine Möglichkeit, Signaturen in GE zu erstellen, hier kann nur auf eine bereits integrierte Symbologie zurückgegriffen werden. Diese Signaturen sind jedoch nicht für die Darstellung eines Katastrophengebietes geeignet.

Die unten stehende Abbildung 20 zeigt nun das Ergebnis der zweiten Google Earth Methode unter Zuhilfenahme zusätzlicher Software.

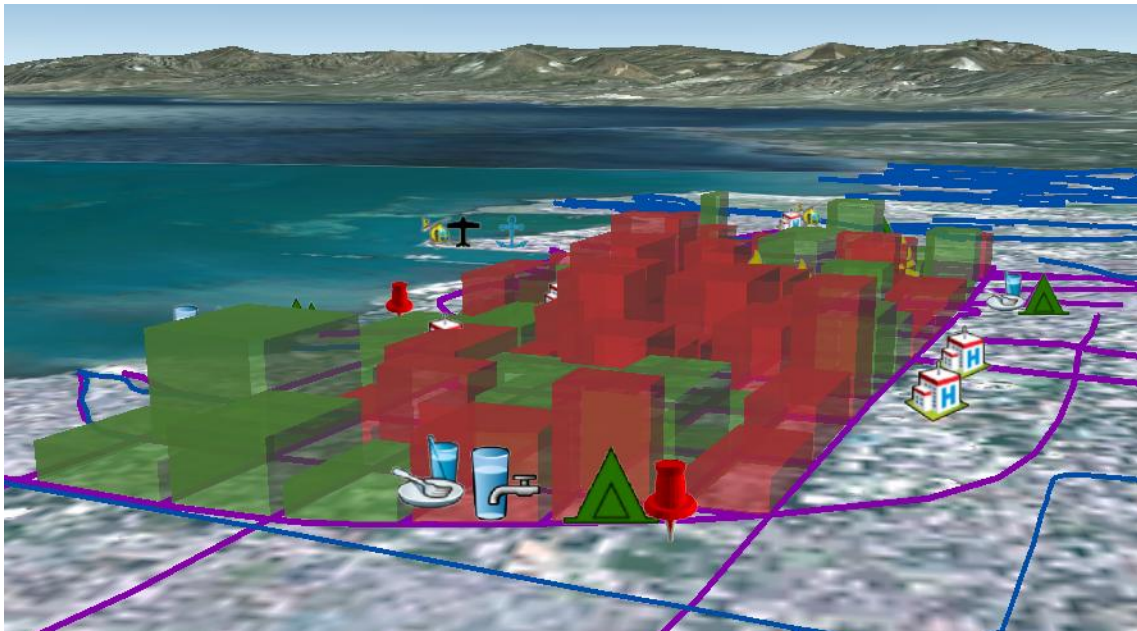


Abb. 20: 3D-Visualisierung mittels Fremdsoftware in GE

Die zweite Möglichkeit, das Erstellen der Polygone, der Infrastruktur- und Gewässerlayer und der Symbole als KMZ-File in ArcMap und die anschließende Darstellung in GE ähnelt prinzipiell dem Visualisierungsergebnis der direkten Methode (siehe Kapitel 3.5.2.1). Hier wird jedoch das Problem der Verdeckung von einzelnen Volumenkörpern auf Grund fehlender Kantenstruktur deutlich. Die Integration der Beschriftung aus ArcMap ist nicht möglich. Die Darstellung von kartographischen, krisenrelevanten Signaturen ist allerdings möglich. Insgesamt ist eine zufriedenstellende kartographische Lösung eines Erdbebengebietes zu erkennen.

3.6 Virtuelle Flüge

3.6.1 Nutzung Virtueller Flüge in Google Earth

Auch die Anwendung GE bietet die Möglichkeit virtuelle Überflüge über ein Katastrophengebiet zu erstellen. Die beiden getesteten Anwendungen Flugsimulator und Tourenerstellung werden im Folgenden kurz erläutert.

3.3.6.1 Der Flugsimulator

Der Flugsimulator bietet die Möglichkeit, einen vom Nutzer selbstgesteuerten, virtuellen Überflug. Der Nutzer kann hierzu zahlreiche Ablauf- und Aufnahmeparameter definieren. Jedoch ist die Steuerung nicht trivial und erfordert eine gewisse Einarbeitung. Der Überflug wird im Unterschied zu anderen Kamerasteuerungen dieser Art direkt bedient und gibt dem Nutzer somit das Gefühl ein „reales Flugzeug“ zu steuern. Es ist allerdings nicht möglich, solche Überflüge programmintern in Form einer Animation festzuhalten. Da es sich hierbei um ein internes Tool von GE handelt und nicht für die Repräsentation eines Krisengebietes eingesetzt werden kann, ist es für die in dieser Arbeit behandelte Aufgabenstellung ungeeignet.

3.3.6.2 Touren in Google Earth

Eine weitere Möglichkeit zur Animation von Geodaten in GE ist die Erstellung einer KML-Tour, welche im Gegensatz zum Flugsimulator auch in Form einer Animationsdatei speicher- und abspielbar ist. Dazu müssen zunächst die anzufliegenden Städte, Regionen oder Länder durch das platzieren von Ortsmarken definiert werden. Anschließend kann automatisch eine interpolierte Tour zwischen diesen Punkten abgeflogen und aufgezeichnet werden. Es ist möglich, während der Aufnahme Layer und Info-Pop-Ups entlang der Strecke einzublenden oder Begleitkommentare aufzunehmen, welche automatisch in der Animation gespeichert werden. Diese Methode stellt eine einfache und schnelle Möglichkeit der Repräsentation eines Erdbebengebietes dar, was für eine prinzipielle Eignung dieser Methode spricht.

3.7 Visualisierungsmöglichkeiten mittels Internetkartendienste

3.7.1 OpenStreetMap

3.7.1.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche

Im nächsten Abschnitt wird die Eignungsuntersuchung des Internetkartendienste OpenStreetMap (OSM) zur Lösung der Aufgabenstellung näher erläutert. OSM wird oftmals als Wikipedia der Kartographie bezeichnet. Das Projekt wurde 2004 ins Leben gerufen und verfolgt das Ziel einer öffentlich zugänglichen und frei nutzbaren Weltkarte. In diesem Fall handelt es sich nicht um ein Browserprogramm wie etwa Google Earth, sondern um einen Kartendienst via Internet, wobei die Geodaten explizit nicht urheberrechtlich geschützt und demzufolge kostenlos nutzbar sind. OSM stellt folglich ein Geoportal zur Datenbereitstellung, Informationsgewinnung und öffentlicher Mitwirkung auf weltweiter Basis bereit.

Die in 3 Hauptsegmente unterteilte Startseite der Browseranwendung ist vom Nutzer direkt über das öffentliche Netz erreichbar (Abb. 21). Im Einzelnen enthält sie eine Menüleiste in Windowsoptik analog zu GE, eine Seitenleiste mit verschiedenen Funktionszugriffen sowie das zweidimensionale Kartendarstellungsfenster mit Navigations- und Darstellungsoptionen. Es kann je nach Nutzerwunsch zwischen verschiedenen Darstellungstypen der Karten umgeschaltet werden.

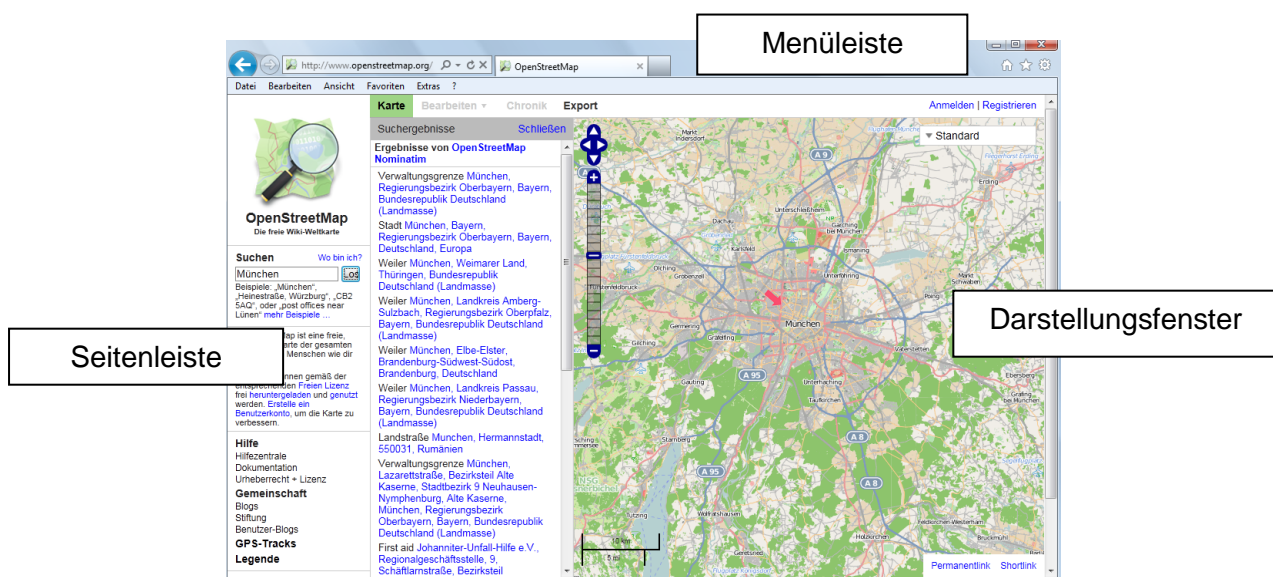


Abb. 21: Überblick OSM Desktop Oberfläche

Die Menüleiste beinhaltet die wesentlichen Programmfunktionen. Insbesondere ist es registrierten Nutzern über diese Leiste möglich, eigene Geodaten in die OSM-Datenbank einzustellen, beziehungsweise die Einstellungshistorie der vorhandenen Daten einzusehen. Weiterhin besteht die Möglichkeit der Nutzung einer Exportfunktion, welche einen gewählten Kartenausschnitt als XML-, HTML-, oder als Rasterbildformat bereitstellt. Zusätzlich bietet OSM die Option, über die Internetadresse www.geofabrik.de sämtliche Kartendaten als Shapefiles für verschiedene Kategorien wie Infrastruktur-, Gewässer-, Gebietsgrenzen- oder Gebäudelayern kostenlos zu beziehen.

Mittels der integrierten Suchfunktion können geographische Bezeichnungen, wie Stadt- und Ortsnamen, Postleitzahlen, Gebietsbezeichnungen, Fluss- oder Bergnamen, ausgewählt werden. Über die OSM-Datenbank und die freie Datenbank „*Geonames*“ wird dieser Begriff ausgewertet und das Ergebnis bei Übereinstimmung in einem separaten Fenster dargestellt. Zusätzlich bietet OSM zahlreiche weitere integrierte Funktionen wie beispielsweise Austausch- und Diskussionsplattformen für den Nutzer oder auch Einbindungsmöglichkeiten für eigene GPS-Tracks [vgl. RAMM, 2010].

3.7.1.2 3D-Visualisierung mit OpenStreetMap

Für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Aufgabenstellung ist die Plattform OpenStreetMap ungeeignet. Dies liegt im Wesentlichen an dem Grundgedanken hinter OSM, welche prinzipiell als Datenbank zur weltweiten Sammlung von Geodaten durch unterschiedlichste Nutzer konzipiert ist. Damit eine einheitliche Datensammlung gewährleistet werden kann, unterliegt die Dateneinstellung in OSM bestimmten Limitationen und Regeln. Es besteht keine Möglichkeit, eigene nutzerdefinierte Farben, Styles oder Signaturen frei anzulegen. Vielmehr unterliegt der Bearbeiter einem bereits fix vordefinierten Katalog, was den Karten von OSM ein weltweit einheitliches Gestaltungsmuster verleiht. Somit besteht hier keine Möglichkeit, die graphische Aufbereitung eines Katastrophengebietes in Form einer vom ZKI gewünschten Gestaltung vorzunehmen. Auch das Importieren von passenden Visualisierungsdaten aus externen Programmen nach OSM ist nicht möglich.

3.7.1.3 Der XNavigator – OSM-3D

Als Zusatz zur Webplattform OSM ist die im Rahmen eines Forschungsprojekt entwickelte Anwendung XNavigator vom Fachbereich für Geographie der Universität Bonn und der kartographischen Arbeitsgruppe der Universität Heidelberg untersucht worden. Sie stellt eine interaktive Anwendung als Desktop- oder Browserversion auf Basis von OSM- und SRTM-Daten dar. Das Programm ist auf unterschiedlichsten Betriebssystemen lauffähig und kann problemlos in bestehende Webseiten und Onlineportale integriert werden. Es kommt eine standardisierte Client-Server-Architektur zur Anwendung, um die Datenübertragung über das Internet abzuwickeln. Der gesamte 3D-Inhalt wird dabei als 3D-Szenengraph über ein Web-3D-Service heruntergeladen.

Die Abbildung 22 zeigt die Programmoberfläche des XNavigators.

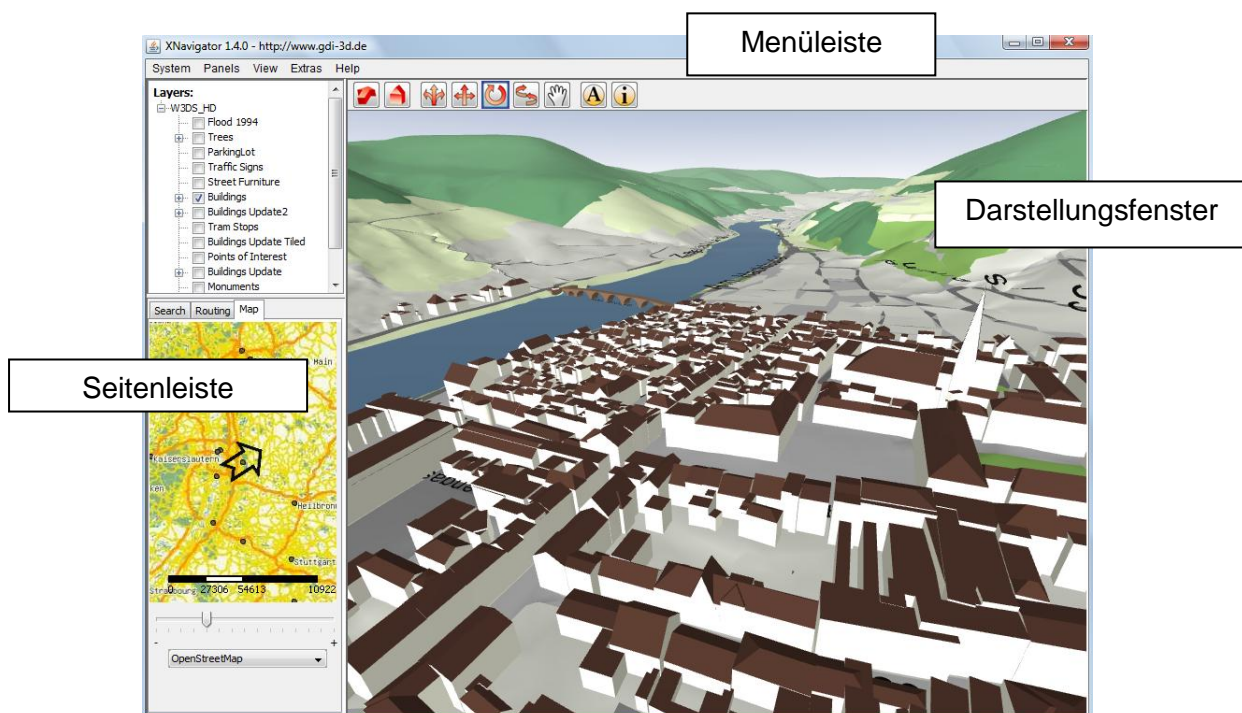


Abb. 22: Überblick XNavigator Desktop Oberfläche

Das Darstellungsfenster und die Navigation ist in der Desktop-, wie auch der Browservariante, identisch. Die Browservariante, welche über die Internetseite von OSM-3D geöffnet werden kann, stellt auf Grund der nicht erforderlichen lokalen Installation die für den Anwender einfachere Anwendung dar. Im oberen Teil der Programmoberfläche befindet sich eine Suchfunktion für Adress- und Umkreissuche.

3.7.2 Microsoft Bing Maps

3.7.2.1 Die Anwendung – Funktionalität und Benutzeroberfläche

Ein weiterer untersuchter Internetkartendienst ist die Plattform Bing Maps (BM). BM, besser bekannt unter den früheren Bezeichnungen Windows Live Maps, Windows Live Local oder Live Search Map ist der Online-Kartendienst von Microsoft zur kostenlosen Betrachtung von Karten, Luft- und Satellitenbildern. Eine Besonderheit stellen die verfügbaren Schrägluftbilder aus der Vogelperspektive dar, welche Gebäude und Landschaften in einer 45-Grad-Perspektive aus verschiedenen Himmelsrichtungen visualisieren. Viele bekannte Applikationen, wie beispielsweise das Immobiliensuchprogramm Immonet.de, oder das Internetportal meineStadt.de integrieren bereits diese Anwendung [vgl. KAUER, 2011].

BM kann über das Internetportal der Suchmaschine Bing aufgerufen werden. Auch hier ist der Bildschirm ähnlich wie in OSM in drei Hauptsegmente unterteilt. Es werden alle, auch von anderen Plattformen bekannten Such- und Routingfunktionen bereitgestellt. Auch das Darstellungsfenster stellt die gewohnte Funktionalität, wie Ein- und Ausblenden von Luft- und Satellitenbildern, Ansichtswechsel oder Navigationsfunktionen, zur Verfügung.

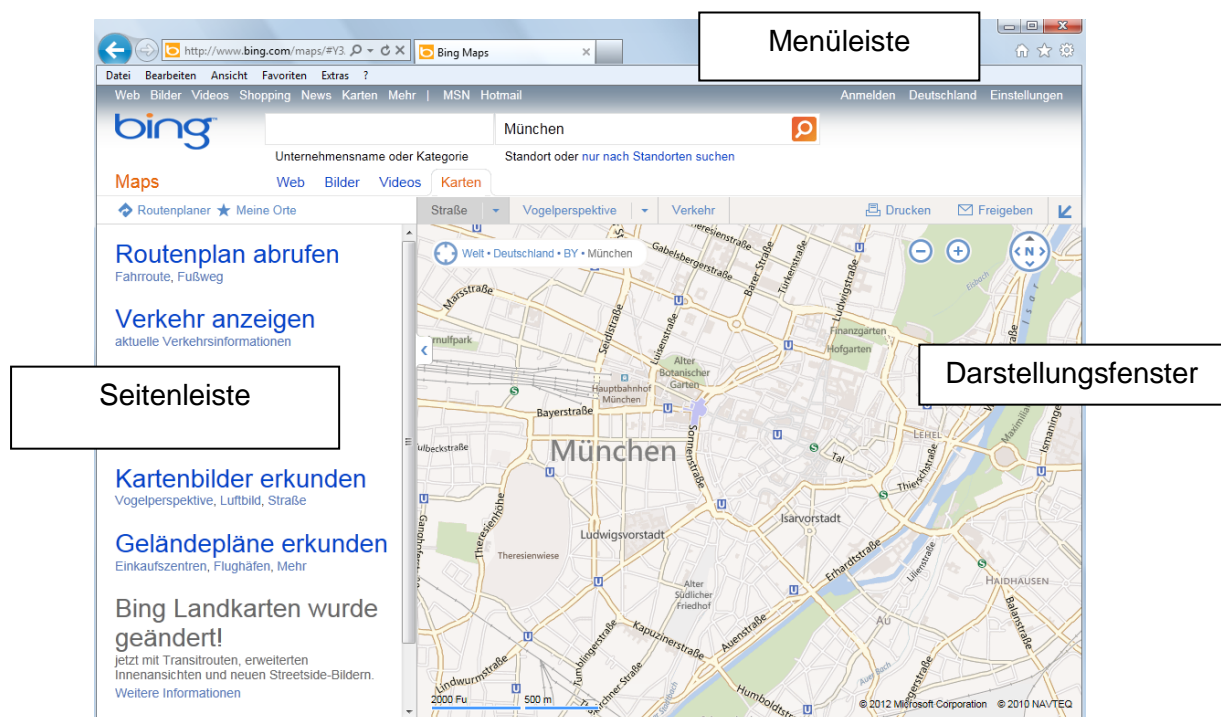


Abb. 24: Überblick BM Desktop Oberfläche

Ebenso wie OSM ist der Kartendienst BM für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Methode bedingt geeignet. Gleich der Plattform OSM ist es dem Nutzer nicht möglich, passende Visualisierungsdaten zu erstellen oder zu importieren. Auch in diesem Fall sollen die Karten einem einheitlichen Gestaltungsmuster unterliegen, so dass ein Eingriff auf das Kartenbild verweigert wird. Somit besteht auch hier keine Möglichkeit, die graphische Aufbereitung eines Katastrophengebietes in Form einer vom ZKI gewünschten Gestaltung vorzunehmen. Vielmehr verfolgt BM das Ziel, seinen Kartendienst global in unterschiedlichste Internetanwendungen, wie beispielsweise Stadt- und Touristenportale, Immobilien- und Solaranbieter oder auch Shop- und Routenfinder, zu integrieren.

3.7.2.2 Bing Maps-3D

Auch die Zusatzanwendung zur Internetplattform BM wurde in dieser Arbeit untersucht. Der browser-gestützte Kartenviewer, auch als Virtual-Earth-3D bekannt, bot die Möglichkeit Gebäude und Sehenswürdigkeiten unter Einbezug von Luft- und Satellitendaten dreidimensional darzustellen. Diese wurde im Dezember letzten Jahres abgeschaltet und steht nun nicht mehr zum kostenlosen Download bereit. Den Grund für diese Entwicklung stellt die in BM integrierte Funktion *Bird's Eye* dar. Hier werden, wie bereits in der Funktionsbeschreibung erwähnt, Schrägluftbilder aus der Vogelperspektive in einer 45-Grad-Perspektive aus verschiedenen Himmelsrichtungen dargestellt, was einen dreidimensionalen Eindruck erzeugt. Momentan stehen diese Ansichten noch nicht flächendeckend, sondern für ausgewählte Metropolregionen zur Verfügung. In Zukunft sollen diese Ansichten flächendeckend erweitert werden, so dass von Seiten des Internetkartendienstes BM auf diese Funktion ein Augenmerk gelegt wurde.

Im Anschluss zu diesem Kapitel werden die in dieser Arbeit vorgestellten Möglichkeiten der 3D-Visualisierung von Erdbebenschadensanalysen miteinander verglichen und eine Stärken- und Schwächenanalyse der ausgewählten Methoden durchgeführt.

4 Diskussion der Ergebnisse

4.1 Methoden und Ergebnisvergleich

Abschließend wird im folgenden Abschnitt eine qualitative Bewertung der in Kapitel 3 aufgeführten Methoden hinsichtlich ihrer technischen Eignung zur schnellen dreidimensionalen Visualisierung von Erdbebenschäden miteinander verglichen. Hierbei wird ein besonderes Augenmerk auf die für das Ergebnis wesentlichen Eigenschaften der jeweiligen Methode gelegt. Im Einzelnen sind dies beispielsweise die visuelle Ergebnisqualität, die Eignung der Methode für die Krisenkartierung, die Flexibilität der Methode für unterschiedliche Anforderungsszenarien oder auch die Benutzerfreundlichkeit. Ein vollumfänglicher Vergleich erfolgt hierbei nur für die Softwaretools ArcScene, ArcGlobe und Google Earth, da nur hier eine grundsätzliche Eignung zur dreidimensionalen Visualisierung von Schadensbildern erkennbar ist.

Die zudem untersuchten Anwendungen ArcGIS-Explorer, OpenStreetMap und Bing Maps sind für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Aufgabe aus verschiedenen, in den Abschnitten 3.4.2, 3.6.1 und 3.6.2 angesprochen Gründen prinzipiell ungeeignet. Zunächst erfolgt eine stichpunktartige Darstellung der wesentlichen Vor- und Nachteile der oben als geeignet aufgeführten Methoden ArcScene und ArcGlobe. Im Anschluss erfolgt die Darstellung der Software Google Earth.

4.1.1 Allgemeine Spezifika ArcScene / ArcGlobe

Themengebiet	ArcScene	ArcGlobe
Bedienung / Anzeige	<ul style="list-style-type: none"> + gute Navigation und schnelle Erlernbarkeit des Programms + Fähigkeit der Anzeige verschiedener Ansichten zur besseren Analyse - keine Darstellung der Satellitenszene in ursprünglicher Auflösung - kein Erstellen und Verwalten von Dokumenten für ArcGIS-Server 	<ul style="list-style-type: none"> + gute Navigation und schnelle Erlernbarkeit des Programms - keine Fähigkeit der Anzeige verschiedener Ansichten + Darstellung der Satellitenszene in ursprünglicher Auflösung + Erstellen und Verwalten von Dokumenten für ArcGIS-Server
Datenspeicherung	<ul style="list-style-type: none"> - keine Detaillierungsebenen + für Analyse kleiner Gebiet geeignet + einfache Layerverwaltung 	<ul style="list-style-type: none"> + Detaillierungsebenen vorhanden + für große Datenmengen konzipiert - komplizierte Layerverwaltung

Daten projiziert	<ul style="list-style-type: none"> + Darstellung von Daten ohne Projektion möglich + planare Projektion 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Darstellung von Daten ohne Projektion möglich + projizierte Daten auf einem virtuellen Globus
Analyse	<ul style="list-style-type: none"> + 3D-Analyst-Werkzeugleiste + sehr gute Darstellungsqualität der Volumenkörper + einfache 3D-Visualisierung (Extrusion) - keine Darstellung von Kantenstrukturen an den Volumenkörpern - Nachbearbeitung zur 3D-Visualisierung nötig - keine integrierten Layerstrukturen - keine Integration zusätzlicher Daten über ArcGIS-Online-Galerie 	<ul style="list-style-type: none"> - keine 3D-Analyst-Werkzeugleiste + sehr gute Darstellungsqualität der Volumenkörper + einfache 3D-Visualisierung (Extrusion) - keine Darstellung von Kantenstrukturen an Volumenkörpern - Nachbearbeitung zur 3D-Visualisierung nötig + integrierte Layerstrukturen + Integration zusätzlicher Daten über ArcGIS-Online-Galerie
Animation	<ul style="list-style-type: none"> + einfache Bedienung und Navigation - keine dynamische Schrift - Erstellung einer Präsentation ohne Probleme möglich 	<ul style="list-style-type: none"> + einfache Bedienung / Navigation - keine dynamische Schrift - Nachladen der Detaillierungsebenen schwierig - Erschwerte Präsentationserstellung

Tabelle 3: Analyse ArcScene / ArcGlobe

In der oben aufgeführten Tabelle 3 wird ersichtlich, dass die beiden Methoden ArcScene und ArcGlobe spezifische Stärken und Schwächen hinsichtlich der Erfordernisse des konkreten Anwendungsfalls aufweisen. Im Folgenden werden die in der Tabelle genannten Vor- und Nachteile der beiden Methoden genauer erläutert.

4.1.1.1 Vorteile ArcScene

ArcScene stellt hinsichtlich seiner übersichtlichen Layerverwaltung und einfach zu bedienenden Navigation ein benutzerfreundliches und leicht zu erlernendes Softwareprogramm dar. Im Gegensatz zu ArcGlobe besteht keine für die Darstellung zu beachtende Layerstruktur, ebenso ist das Importieren von Daten ohne Raumbezug möglich. Auch für das Analysieren von räumlich kleinen Visualisierungsgebieten eignet sich ArcScene optimal, da die Daten in einer planaren Umgebung dargestellt werden. Für eine optimale Analyse eines Krisengebietes besteht die Möglichkeit zwischen einer Perspektivischen-, Orthographischen-, sowie einer Stereo-Ansicht zu wechseln. Auch das anschließende Nachbearbeiten bestimmter dreidimensionaler Gebiete ist hier durch das Bestehen der 3D-Analyst-Werkzeugleiste mit entsprechenden Tools gegeben.

Die einfache Erstellung der 3D-Visualisierung wird zu Beginn dieses Abschnitts erwähnt. Einzig das Aktivieren der Funktion „*Extrusion*“ und die Höhenwertzuweisung müssen erfolgen, um eine dreidimensionale Visualisierung zu erzeugen. Hierbei ist nochmal explizit zu erwähnen, dass der Nutzer keine Programmierkenntnisse oder vertiefende ArcScene Softwarekenntnisse vorweisen muss. Ebenso liefert die Software ArcScene eine sehr gute Darstellungsqualität der Volumenkörper, wie in Abb. 25 deutlich wird. Der Eindruck eines dreidimensionalen Körpers ist eindeutig gewährleistet.

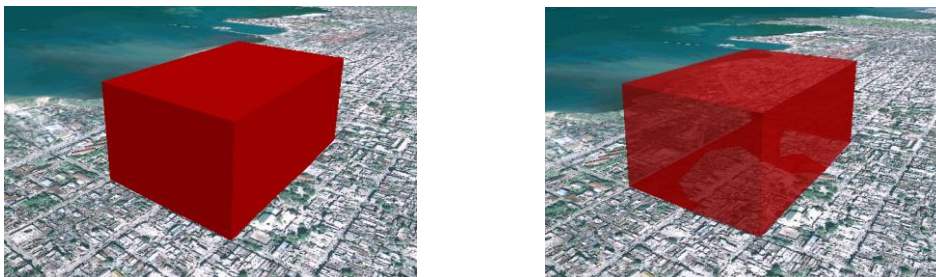


Abb. 25: Darstellung Volumenkörper ArcScene

4.1.1.2 Nachteile ArcScene

Die Verwaltung der Daten in Detaillierungsebenen wird in ArcScene nicht unterstützt, was bei der Verwaltung großer Datenvolumen zu Problemen in der Darstellung führen kann. Ebenso besteht keine Möglichkeit mit ArcScene Dokumente für das ArcGIS-Server-System zu erstellen oder in diesem zu veröffentlichen. In diesem Fall steht das Programm ArcGIS-Explorer zu Verfügung. Ebenso ist die Erstellung eines ArcGlobe-Dokuments nicht möglich, was die Implementierung zwischen beiden Programmen nicht unterstützt.

Eine weitere Einschränkung stellt weiterhin die Tatsache dar, dass ArcScene ein geladenes hochauflösendes Satellitenbild nicht in seiner ursprünglichen Auflösung darstellen kann, so dass die Erstellung der Krisenkarte nicht alleinig in ArcScene erfolgen kann und somit beispielsweise ArcMap zur Erstellung herangezogen werden muss. Außerdem sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass für eine dreidimensionale Visualisierung eine nötige Nachbearbeitung erfolgen muss, die dem Nutzer ein gewisses Vorwissen über das Erstellen abverlangt und Zeit in Anspruch nimmt.

Auch die Tatsache, dass keine Kantenstrukturen an den Volumenkörpern visualisiert werden können, stellt einen entscheidenden Nachteil dar. Wie in Abb. 26 dargestellt, ist es für den Nutzer oft schwierig, die einzelnen dreidimensionalen Gebäudeblocks klar voneinander zu trennen, so dass oftmals der Eindruck der Verdeckung entsteht oder die Eindeutigkeit der einzelnen Volumenkörper verloren geht.

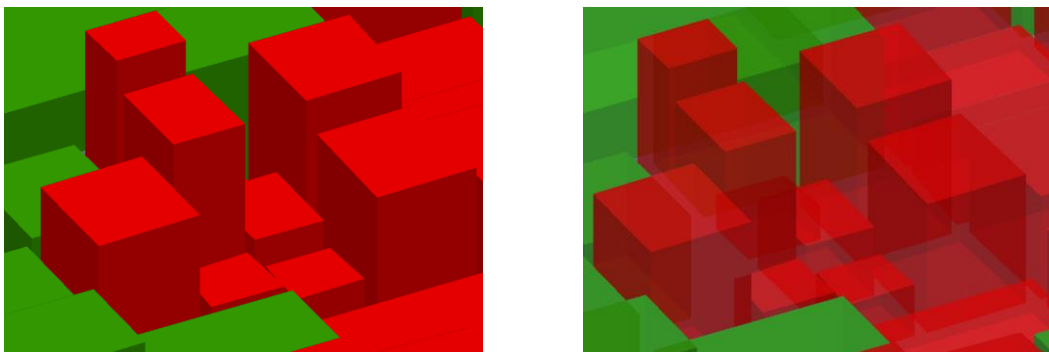


Abb. 26.: Darstellung Verdeckung ArcScene

4.1.1.3 Vorteile ArcGlobe

Ebenso wie ArcScene stellt auch ArcGlobe eine einfach zu bedienende Navigation zu Verfügung, so dass auch dieses Extension für seine Benutzerfreundlichkeit und schnelle Erlernbarkeit spricht. Einen weiteren Vorteil stellt die Tatsache dar, dass in diesem Programm Raster- sowie Vektordaten unterschiedlichster Auflösung und Datenvolumen einwandfrei dargestellt werden. Dies liegt unter anderem an der Gegebenheit, dass ArcGlobe die geladenen Daten über Detaillierungsebenen verwaltet. ArcGlobe-Dokumente können ohne Probleme in das ArcGIS-Server-System eingestellt und verwaltet werden.

Analog zu ArcScene bestehen hier ebenso die Vorteile der einfachen Visualisierung durch die integrierte Funktion „*Extrusion*“, sowie die einwandfreie und sehr gute Darstellungsqualität der dreidimensionalen Volumenkörper. Einen entscheidenden Vorteil gegenüber ArcScene stellt die Tatsache dar, dass in ArcGlobe die geladene Satellitenbildszene in der ursprünglichen Auflösung beibehalten wird. So ist der Einsatz einer zusätzlichen Software, wie beispielsweise ArcMap, nicht erforderlich. Die integrierten Layerstrukturen für Infrastruktur und Ortsbeschriftung können in ergänzender Weise in die Schadenskarte integriert werden, jedoch bleibt eine Beschriftung der einzelnen Straßen, für eine einwandfreie Orientierung der Nutzer im Feld in diesem Fall nicht aus. Eine weitere positive Möglichkeit, die ArcGlobe bietet, ist die Gegebenheit, dass eine Integration der ArcGIS-Online-Galerie möglich ist. Wie bereits im Abschnitt 3.2.3.2 aufgeführt, besteht beispielsweise die Möglichkeit eine weltweite detaillierte Straßenkarte von den freien Geodatendiensten OpenStreetMap oder Bing Maps über den Globus zu drapieren, so dass der Aufwand einer Beschriftung der einzelnen Straßen des Erdbebengebietes wegfällt.

4.1.1.4 Nachteile ArcGlobe

Einen großen Nachteil stellt die Tatsache dar, dass in ArcGlobe keine übersichtliche Layerverwaltung besteht. Vielmehr muss der Nutzer gewisse Regeln und Vorschriften beachten, um eine einwandfreie Darstellung der Daten zu gewährleisten. Ebenso können Daten ohne Projektionsinformation nicht in ArcGlobe geladen werden, da diese auf einer globusförmigen Oberfläche mit einem hinterlegten Koordinatensystem projiziert werden.

Der Wechsel zwischen einer orthographischen oder einer dreidimensionalen Ansicht in Form der Globusdarstellung wird hier nicht unterstützt.

Ebenso wie in ArcScene besteht keine Möglichkeit Kantenstrukturen an den Volumenkörpern darzustellen, so dass sich die gleichen Nachteile, wie bereits im Abschnitt 4.1.1.2 erwähnt, ergeben. Auch die Nachbearbeitung der Volumenkörper muss analog erfolgen. Einen weiteren entscheidenden Nachteil gegenüber ArcScene stellt die Tatsache dar, dass ArcGlobe über keine 3D-Analyst-Werkzeugleiste verfügt. Somit besteht hier keine Möglichkeit zusätzliche Funktionen und Analysen für dreidimensionale Gebiete zu ermöglichen.

4.1.1.5 Vor- und Nachteile - Animationstool

Abschließend wird noch ein kurzer Überblick über die positiven und negativen Eindrücke der Animationserstellung geliefert. Das Animationstool stellt in den Extension ArcScene und ArcGlobe ein einfach zu bedienendes, sowie schnell zu erlernendes Werkzeug dar, das für die Erstellung einer Animation mit anschließender Repräsentation eingesetzt werden kann. Jedoch besteht keine Möglichkeit in den beiden für geeignet getesteten Animationsmöglichkeiten (Abschnitt 3.3.1.2 und 3.3.1.3) die Beschriftung der animierten Szene dynamisch zu gestalten. Ein Drehen der Schrift bei einem Überflug ist nicht möglich, so dass der Nutzer bereits bei der Erstellung genaue Überlegungen über die Schriftplatzierung anstellen muss, um eine einwandfreie Präsentation eines Krisengebietes zu erhalten. Einen weiteren Nachteil der in der Erweiterung ArcGlobe zu tragen kommt, stellt die Tatsache dar, dass bei der Animationserstellung oftmals die Verwaltung der Daten in Detaillierungsebenen nicht vollständig ausgeführt wird. Das Anzeigen der Volumenkörper wird hier nicht richtig unterstützt. Wird ein Gebiet angeflogen, stehen die Gebäudeblocks noch in der „Luft“, erst beim direkten Überflug werden diese an den Erdboden gebunden. Den entscheidenden Nachteil stellt jedoch die Tatsache dar, dass die Konvertierung der Animationsdatei in ArcGlobe nicht möglich ist. Im Laufe dieser Arbeit war der Export der erstellten Animation mit erheblichen Fehlermeldungen verbunden, so dass das Programm sofort beendet werden musste und keine übliche Präsentationsdatei erstellt werden konnte. Auch die Recherche in verschiedenen Internetforen erbrachte keine zufriedenstellende Lösung. Die Erstellung einer Animationsdatei in ArcScene erfolgte jedoch einwandfrei.

4.1.2 Allgemeine Spezifika Google Earth

Im folgenden Abschnitt werden kurz die Vor- und Nachteile der Methode GE tabellarisch aufgezeigt. Im Anschluss erfolgt eine ausführliche Erläuterung der genannten Punkte.

	Vorteile	Nachteile
Google Earth	<ul style="list-style-type: none"> • kostenloses Downloadpaket • einfach Installation • Benutzer- und Bedienerfreundlichkeit • Kantenstrukturen an in GE erstellten Polygongen • sehr gute Darstellungsqualität der Volumenkörper • integrierte Layerstrukturen • detailreiche Straßenbeschriftung • gute Integration von KML-File erzeugten Daten (z. B. Signaturen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Internetverbindung zur Nutzung nötig • keine Darstellung der Satellitenszene in ursprünglicher Auflösung • Importieren von Fernerkundungsdaten mit Problemen verbunden • Nachbearbeitung zur Visualisierung nötig (KML-File) • keine Kantenstruktur bei Umrissen, die mit Fremdsoftware erstellt wurden • nur Import gängiger Rasterformate und KML-Dateien • kein Signaturkatalog vorhanden • kein Integration von Beschriftung
Animation GE	<ul style="list-style-type: none"> • Touren sind schnell und einfach erstellbar • Einblenden von Layerstrukturen und Pop-Up-Fenstern 	<ul style="list-style-type: none"> • Flugsimulator nur direkt im Programm GE steuerbar • keine Animationserstellung in diesem Sinne • bei der Tourenerstellung Animation nur als KML-File konvertierbar

Tabelle 4: Vor- und Nachteile GE

4.1.2.1 Vorteile Google Earth

Ein allgemeiner für dieses Programm zu erwähnender Vorteil ist die Kostenfreiheit der Basisversion. Die Einfachheit der Installation, sowie die benutzerfreundliche Bedienbarkeit unterstreichen die Nutzung dieses Programms.

Ein besonderes Augenmerk stellt die Tatsache dar, dass die mit der Software GE erstellten Polygone Kantenstrukturen, wie in Abbildung 27 dargestellt, an den visualisierten Volumenkörpern, aufweisen. Ebenso besteht im Gegensatz zu ArcScene / ArcGlobe die Möglichkeit, eine gewisse Kantenstärke in Form einer Umrissdefinition und Farbauswahl zu wählen und so nochmals die Kantenstruktur an den Gebäudeblocks hervorzuheben. Auch die gute Darstellungsqualität der Volumenkörper ist zu beachten.

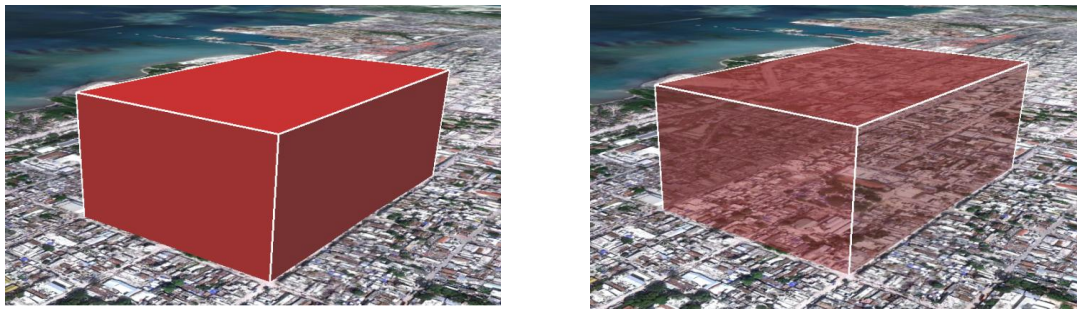


Abb. 27: Volumenkörper mit Kantenstruktur GE

Es besteht zwar keine Möglichkeit aus einem externen Programm notwendige Beschriftungen für eine Erdbebenkarte zu integrieren, jedoch ist bereits in GE eine detailreiche integrierte Layerstruktur für beispielsweise Infrastruktur und Ortsbeschriftung hinterlegt, so dass auf eine zusätzliche manuelle Beschriftung verzichtet werden kann.

Die als KML-File erzeugten Signaturen aus der ArcMap-Bibliothek können ohne Probleme in das Programm integriert werden. Es wird hier ebenso eine einwandfreie Darstellung gewährleistet.

4.1.2.2 Nachteile Google Earth

Einen entscheidenden Nachteil stellt die Tatsache dar, dass es sich bei GE um ein browsergestütztes Softwareprogramm handelt. Ist ein Ausfall der Internetverbindung gegeben, besteht keine Möglichkeit eine Schnellschadenskartierung in diesem Zeitraum zu ermöglichen. Ebenso sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass zum heutigen Zeitpunkt zwar eine kostenfreie Basisversion besteht, diese jedoch in naher Zukunft kostenpflichtig bereitgestellt werden könnte. Eine weitere Einschränkung stellt weiterhin die Tatsache dar, dass die Basisversion von GE ein geladenes hochauflösendes Satellitenbild nicht in seiner ursprünglichen Auflösung darstellen kann, so dass für die Erstellung der Schadenskarte ein weiteres Softwareprogramm hinzugezogen werden muss. Um diesen Nachteil zu umgehen, benötigt der Nutzer eine kostenpflichtige Version von GE. Auch das Laden des Satellitenbildes in GE ist oftmals mit Fehlermeldungen und Programmbeendigung verbunden. Um einen einwandfreien Import zu gewährleisten, muss mit Hilfe einer Fremdsoftware eine KML-Datei der Satellitenbildszene erstellt werden.

Einen weiteren Nachteil stellt die Tatsache dar, dass die zu visualisierten Polygone für die dreidimensionale Darstellung nachbearbeitet werden müssen. Die direkt in GE erstellten Polygone stellen bereits eine KML-Datei dar, jedoch muss jedes KML-File eine Zuweisung der Höheninformation erhalten, sowie anschließend mit der in GE vordefinierten Funktion dreidimensional visualisiert werden. Dies erfordert einen höheren Zeitaufwand.

Auch die mittels Fremdsoftware erstellten Polygone müssen nachbearbeitet werden. Zwar besteht beispielsweise in ArcMap die Möglichkeit der Generierung eines KML-Files, jedoch werden alle erstellten Polygone in Form einer Attributtabelle mit definierter Speicherstruktur innerhalb eines Shapefiles angelegt. Wird nun dieses Shapefile in das KML-Format konvertiert, so werden alle gespeicherten Objekte in eine einzige KML-Datei geschrieben. Der Ersteller hat nun kaum die Möglichkeit, die einzelnen gespeicherten Polygone zu unterscheiden und hat auch keine Kenntnis darüber, welche Z-Koordinate nun zu welchem Häuserblock und zu welchem Schadensumfang gehört. Um dieses Problem zu umgehen, müsste der Nutzer nun für jedes Polygon ein separates Shapefile anlegen, um die genauen Gebäudeschäden in Form der Z-Koordinate zuordnen zu können. Ebenso muss nach der Höhenzuweisung eine Nachbearbeitung in Google Earth erfolgen. Ebenso sollte

bedacht werden, dass eine Fremdsoftware, die für die Generierung einer KML-Datei ausgelegt ist, vorhanden sein muss.

Die in ArcMap erstellten und im Anschluss konvertierten Umrissse können in Google Earth keine Kantenstrukturen an den Volumenkörpern darstellen. Wie in Abb. 28 gezeigt, wird auch hier wieder das Problem der Eindeutigkeit und Verdeckung deutlich. Im Gegenzug dazu wird hier nochmals die Erstellung direkt in GE in Abb. 29 aufgezeigt. Durch die Kantenstrukturen an den einzelnen Volumenkörpern ist die Tatsache, dass einzelne Polygone verdeckt werden deutlich geringer, ganz ausgeschlossen kann dies jedoch nicht.

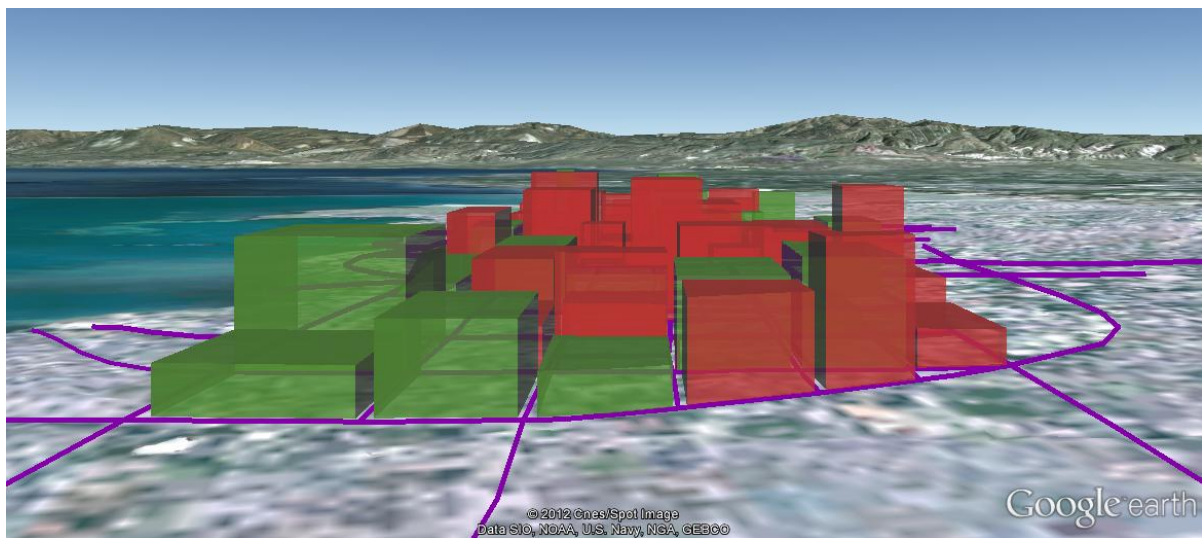


Abb. 28: Darstellung Verdeckung GE mittels Fremdsoftware

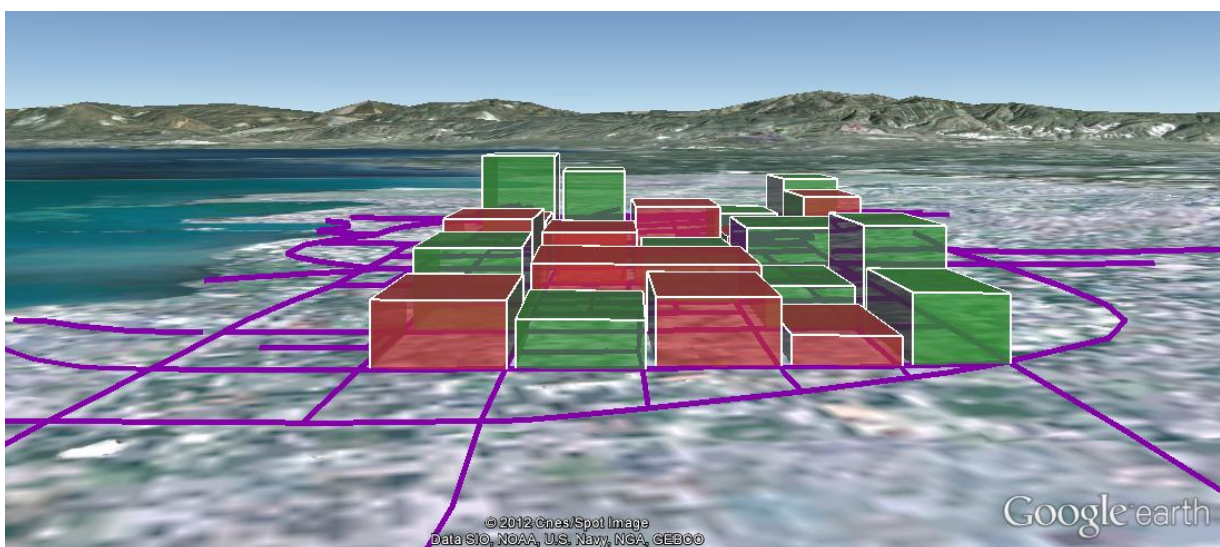


Abb. 29: Darstellung Verdeckung GE

4.1.2.3 Vor- und Nachteile - Animationstool

Auch für diese Methode wird abschließend noch ein kurzer Überblick über die positiven und negativen Eigenschaften der Animationserstellung geliefert.

Das Animationstool stellt in GE ein einfach zu bedienendes sowie schnell zu erlernendes Werkzeug dar, jedoch kann nur die in Abschnitt 3.3.6.2 genannte Methode „*Touren*“ für die Erstellung einer Animation zur anschließenden Präsentation eines Krisengebietes eingesetzt werden. Die Möglichkeit der Flugsimulation stellte sich im Laufe der Arbeit als ungeeignet heraus, da es sich hierbei um ein programminternes Tool handelt, welches dem Nutzer das Gefühl vermittelt *ein „reales Flugzeug“* zu steuern. Hier steht primär der Spassfaktor des Nutzers im Vordergrund.

Die weitere Option „*Touren*“ stellt sich jedoch als eine einfache und schnelle Möglichkeit der Animationserstellung in Form eines virtuellen Überfluges über ein Krisengebiet dar. Einen besonderen Vorteil bietet hier die Möglichkeit der Einbindung von Layern, Info-Pop-Ups sowie Begleitkommentaren entlang der Flugstrecke während der Erstellung. Dies kann den Informationsgehalt einer Krisengebietsdarstellung erheblich steigern. Jedoch beinhaltet auch diese Methode einen entscheidenden Nachteil: Die erstellte Animation kann nur als KML-Datei exportiert werden, eine Speicherung in ein gängiges Videoformat ist mit dieser Methode nicht möglich.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Abschließend soll nochmals ein kurzer Überblick über die Zielsetzung der Arbeit, die wesentlichen Arbeitsschritte und die daraus gewonnen Erkenntnisse sowie die Empfehlungen zu einer möglichen Fortsetzung gegeben werden. Zu Beginn der Arbeit bestand das allgemein formulierte Untersuchungsziel in der Findung von effizienten Anwendungen und Methoden zur Integration von dreidimensionalen Visualisierungen in dem Prozess der Krisenkartierung. Als erster zentraler Arbeitsschritt erfolgte die übergeordnete Festlegung der zu untersuchenden Programme, welche auf Basis von Literaturrecherchen vorangegangener Veröffentlichungen im Bereich dieses Themenkreises erfolgte. Auch die Tatsache, dass das ZKI die kostenpflichtige Software ArcGIS zur Verfügung stellte, spielte bei der Entscheidungsfindung eine Rolle. Auf diese Festlegung folgte der eigentliche Hauptteil der Arbeit, in dem die unterschiedlichen Programme auf ihre Tauglichkeit hin untersucht wurden. Dieser Prozess ermöglichte zahlreiche methodische und darstellungstechnische Variationen, welche im Hinblick auf ihre Eignung und Darstellungsqualität näher betrachtet wurden. Als wesentliches Ergebnis konnte dabei festgehalten werden, dass prinzipiell die Anwendungen ArcScene, ArcGlobe sowie Google Earth überhaupt zur dreidimensionalen Darstellungsintegration im untersuchten Anwendungsfall geeignet sind. Dabei unterscheiden sie sich in zahlreichen Detailpunkten und weisen jeweils spezifische Stärken und Schwächen auf. Wichtig ist jedoch stets eine gut abgestimmte Auswahl der zahlreichen Darstellungsparameter im Hinblick auf eine kartographisch optimale Visualisierung. Als weitere, auf die Ergebnisse dieser Arbeit aufbauende Schritte können nun beispielsweise die als prinzipiell geeignet erkannten Anwendungen im Bezug auf ihre Eignung für detailliertere Einzelaufgabenstellungen im Umfeld der Schnellschadenskartierung untersucht werden. Zudem unterliegen die genannten Programme einer steten Weiterentwicklung durch die Hersteller, deren Einfluss auf die gebotenen Möglichkeiten weiter beobachtet werden müssen. Zuletzt bietet sich noch die Untersuchung von Programmen aus anderen Anwendungsgebieten hinsichtlich ihrer Eignung zur 3D-Darstellung an. Beispielfhaft seien hier etwa das Programm Google Sketch Up, das in einer kostenlosen Basisversion zur Verfügung steht oder auch weitere kostenpflichtige Softwareprogramme, wie beispielsweise Erdas Imagine oder 3D-CAD-Programme.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung Naturkatastrophen [STATISTA -WEBSEITE].....	7
Abbildung 2: Krisenkreislauf [DLR WEBSEITE_2].....	8
Abbildung 3: Prozesskette Krisenkartierung [DLR WEBSEITE_1].....	9
Abbildung 4: Krisenkarte Haiti [DLR-WEBSEITE_3].....	18
Abbildung 5: Stereoskopisches Sehen (PRZYBILLA, S. 7).....	19
Abbildung 6: Überblick ArcMap Desktop Oberfläche [GI, 2011, S. 105].....	25
Abbildung 7: Überblick ArcCatalog Desktop Oberfläche.....	26
Abbildung 8: Überblick ArcScene Desktop Oberfläche.....	27
Abbildung 9: Überblick ArcGlobe Desktop Oberfläche.....	27
Abbildung 10: Ergebnis 2D-Objekterstellung in ArcMap.....	30
Abbildung 11: Ergebnis 3D-Visualisierung ArcScene.....	31
Abbildung 12: Ergebnis 3D-Visualisierung ArcGlobe mit OSM.....	32
Abbildung 13: Legende Krisenkarte ArcScene / ArcGlobe.....	37
Abbildung 14: Ergebnis ArcScene 2 Klassendarstellung.....	39
Abbildung 15: Ergebnis ArcScene 3 Klassendarstellung.....	39
Abbildung 16: Überblick ArcGIS Explorer Desktop Oberfläche.....	44
Abbildung 17: Überblick Google Earth Desktop Oberfläche.....	47
Abbildung 18: KML-Code Polygon.....	50
Abbildung 19: 3D-Visualisierung mittels GE.....	54
Abbildung 20: 3D-Visualisierung mittels Fremdsoftware in GE.....	55
Abbildung 21: Überblick OSM Desktop Oberfläche.....	57
Abbildung 22: Überblick XNavigator Desktop.....	59
Abbildung 23: XNavigator „Klötzchenmodell“ München Innenstadt.....	60
Abbildung 24: Überblick BM Desktop Oberfläche.....	61
Abbildung 25: Darstellung Volumenkörper ArcScene.....	65
Abbildung 26: Darstellung Verdeckung ArcScene.....	66
Abbildung 27: Volumenkörper mit Kantenstruktur GE.....	70
Abbildung 28: Darstellung Verdeckung GE mittels Fremdsoftware.....	72
Abbildung 29: Darstellung Verdeckung GE.....	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erdbebenskalen: Mercalli- / Richter-Skala [GOUDIE, 2002, S. 340].....	13
Tabelle 2: Level of Detail [LOTHER, 2010, Abschnitt 9, S. 9].....	22
Tabelle 3: Analyse ArcScene / ArcGlobe.....	63
Tabelle 4: Vor- und Nachteile Google Earth.....	69

Abkürzungsverzeichnis

*.AGA	ArcGlobe Animationsdatei
*.ASA	ArcScene Animationsdatei
*.DBF	Database File
*.IMG	Image File
*.JPEG	Joint Potographic Expert Group
*.KML	Keyhole Markup Language File
*.LYR	ArcGIS Layer Datei
*.MXD	Map Exchange Document Format
*.TIFF	Tagged Image File Format
*.SHP	Shape File
*.SHX	Shape File Spatial Index File
*.PNG	Portable Network Graphics
2D	zwei Dimensionen
3D	drei Dimensionen
CAD	Computer Aided Design
DEM	Digital Elevation Model
DFD	Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GB	GigaByte
GE	Google Earth
GIS	Geoinformationssystem
HTML	Hypertext Markup Language
ID	Identifikation
KML	Keyhole Markup Language
LoD	Level of Detail
OSM	OpenStreetMap
Pixel	Picture Element

POI	Point of Interests
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
THW	Technisches Hilfswerk
TIN	Triangulated Irregular Network
WGS 84	World Geodetic System 1984
ZKI	Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation
XML	Extensible Markup Language

Literaturverzeichnis

- [ALBERTZ, 2009] Albertz J. (2009): Einführung in die Fernerkundung - Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 4. Auflage, Darmstadt, S.1
- [ALBERTZ, 2009] Albertz J. [u. a.] (2009): Taschenbuch der Photogrammetrie und Fernerkundung, Herbert Wichmann Verlag [u. a.], 5. Auflage, Heidelberg [u. a.]
- [DOWNS, 2008] Downs M. [u. a.] (2008): Geographie -Die grosse Enzyklopädie, National Geographic Deutschland, 1. Auflage, Hamburg
- [GI, 2011] GI Geoinformatik GmbH (Hrsg.) (2011): ArcGIS 10 – das deutschsprachige Handbuch für ArcView und ArcEditor, Herbert Wichmann Verlag [u. a.], 1. Auflage, Berlin [u. a.]
- [GOUDIE, 2002] Goudie A. (2002): Physische Geographie, Spektrum Akademischer Verlag, 4. Auflage, München
- [IMHOF, 1968] Imhof E. (1968): Gelände und Karte, Druckerei Winterthur AG, 3. Auflage, Schweiz, S. 69
- [JOBST, 2009] Jobst M. (2009): Veredelung der 3D Präsentation, Kartographische Nachrichten, Heft 4, Ausgabe 2009, S. 181, Kirschbaum Verlag GmbH
- [LOTHER, 2010] Lothar G. (2010): Geoinformationsmanagement, Skriptum, Bachelorstudiengang Kartographie | Geomedientechnik
-

- [MÖBIUS, 2011] Möbius C. [u. a.] (2011): Risikomanagement in Versicherungsunternehmen, Springer Verlag Berlin [u. a.] 1. Auflage, Heidelberg
- [KAUER, 2011] Kauer J. (2011): Aufbruch in die Geoinformationsgesellschaft mit Microsoft Bing Maps, Herbert Wichmann Verlag, 1. Auflage, Berlin
- [KENNEDY, 2009] Kennedy H. (2009): Introduction to 3D data – Modelling with ArcGIS, 3D Analyst and Google Earth, John Wiley & Sons Inc., 1. Auflage, New Jersey
- [KOHLESTOCK, 2004] Kohlestock P. (2004): Kartographie, Ferdinand Schöningh GmbH, 1. Auflage, Paderborn, S. 81
- [PLAPP, 2003] Plapp S. (2003): Wahrnehmung von Risiken aus Naturkatastrophen - Eine empirische Untersuchung in sechs gefährdeten Gebieten Süd- und Westdeutschlands, Dissertation, Universität Karlsruhe, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, S.63
- [POMASKA, 2007] Pomaska G. (2007): Web-Visualisierung mit Open Source, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg
- [RAMM, 2010] Ramm F. [u. a.] (2010): OpenStreetMap – Die freie Weltkarte nutzen und mitgestalten, Lehmanns Media, 3. Auflage, Berlin
- [WILHELMY, 2002] Wilhelmy H. (2002): Kartographie in Stichworten, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, 7. Auflage, Stuttgart
-

Internetquellen

Abrufdatum: 08.07.2012

- [ARCGIS-ANIMATION-WS] ArcGIS 10 Desktop Hilfe / Animationswebseite
<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/0009000000001000000/>
- [ARCGIS-EXPLORER-WS] ArcGIS-Explorer / Informationswebseite
<http://webhelp.esri.com/arcgisexplorer/1700/de/>
- [BBK-WEBSEITE] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Krisenmanagement/GrundlagenKrisenmanagement/grundlagenkrisenmanagement_node.html
- [BM-WEBSEITE] Bing Maps: <http://www.bing.com/maps/>
- [DIE-ERDE-WEBSEITE] Informationsseite Naturkatastrophen
<http://naturkatastrophen.die-erde.com/naturkatastrophen.php>
- [DLR-WEBSEITE_1] Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt / ZKI
www.zki.dlr.de/de/mission
- [DLR-WEBSEITE_2] Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt / ZKI
www.zki.dlr.de/de/rapid_mapping
- [DLR-WEBSEITE_3] Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt / ZKI
www.zki.dlr.de/de/map/1227
-

[EDB-WEBSEITE]	Erdbebendienst Bayern www.erdbebendienst.de/
[ESRI-WEBSEITE]	Firmenhomepage ESRI Deutschland GmbH www.esri.de/about/index.html
[GE-WEBSEITE]	Google Earth: www.google.de/intl/de/earth/index.html
[KML-WEBSEITE]	KML Informationen / Tutorial https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut
[MÜNCHENER-RÜCK]	Münchener-Rückversicherungsgesellschaft, Broschüre, Schadensmanagement bei Naturkatastrophen www.ikzm-d.de/infos/pdfs/45_M_nchener_R_ck_1.PDF
[OSM-WEBSEITE]	OpenStreetMap: www.openstreetmap.org
[STATISTA -WEBSEITE]	Statistik Häufigkeitsverteilung Naturkatastrophen/Quelle Allianz http://de.statista.com/statistik/daten/studie/202525/umfrage/anzahl-der-naturkatastrophen-weltweit/
[PRYZIBILLA]	Pryzibilla H.- J.: Zweibildauswertung – Grundlagen, Vorlesung Fernerkundung, Universität Bochum : www.hochschule-bochum.de/fileadmin/media/fb_v/labore/photogrammetrie/3._5._Semester/5_1_Zweibildauswertung-Grundlagen.pdf
[UR-WEBSEITE]	Lexikon der Geoinformatik, Universität Rostock, www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=2

Anja Meyer, geb. am 23.02.1984 in Nürnberg

Studiengruppe KA | GM 7W

Sommersemester 2012

ERKLÄRUNG

gemäß § 35 Abs. 7 RaPo

Hiermit erkläre ich, dass ich die Bachelorarbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

München, 10.07.2012
